



TUGAS AKHIR - MO141326

PEMODELAN PERUBAHAN MORFOLOGI PERAIRAN ESTUARI SUNGAI WONOKROMO, SURABAYA

Darma Aditya Pratama Putra

NRP.4311100012

Dosen Pembimbing:

Suntoyo, S.T., M. Eng., Ph.D

Sujantoko, S.T., M.T

Jurusan Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2016



FINAL PROJECT - MO141326

MODELING OF MORPHOLOGICAL CHANGES IN THE RIVERS WONOKROMO ESTUARY, SURABAYA

Darma Aditya Pratama Putra

NRP.4311100012

Supervisors:

Suntoyo, S.T., M. Eng., Ph.D

Sujantoko, S.T., M.T

Ocean Engineering Department

Faculty of Marine Technology

Sepuluh Nopember Institute of Technology

Surabaya

2016

PEMODELAN PERUBAHAN MORFOLOGI PERAIRAN ESTUARI SUNGAI WONOKROMO, SURABAYA

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan Institut
Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

DARMA ADITYA PUTRA PRATAMA

NRP. 4311 100 012

Disetujui oleh :

1. Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D

(Pembimbing 1)

2. Sujantoko, S.T., M.T

(Pembimbing 2)

3. Dr. Ir. Hasan Ikhwani, M.Sc

(Penguji 1)

4. Dr. Eng. M Zikra, M.Sc., Ph.D

(Penguji 2)

5. Dr. Ir. Wahyudi Citrosiswoyo, M.Sc

(Penguji 3)

SURABAYA, JANUARI 2016

PEMODELAN PERUBAHAN MORFOLOGI PERAIRAN ESTUARI SUNGAI WONOKROMO, SURABAYA

Nama Mahasiswa : Darma Aditya Pratama Putra
NRP : 4311100012
Pembimbing : Suntoyo, S.T., M. Eng., Ph.D
Sujantoko, S.T., M.T

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan di perairan Estuari Sungai Wonokromo yang berlokasi di Wonorejo. Pada daerah muara sungai sering kali terjadi proses sedimentasi dan erosi pada permukaan dasar perairan. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perubahan morfologi dasar perairan muara Sungai wonokromo dengan menggunakan pemodelan software MIKE 21. Untuk mengetahui pola aliran arus di area penelitian digunakan *Module Hydrodynamic* dan *Module Mud Transport* untuk mengetahui perubahan morfologi pada permukaan dasar lokasi penelitian. Dari penelitian didapatkan hasil kecepatan rata-rata arus pada saat simulasi di muara sungai adalah sekitar 0.029 - 0.095 m/s. Nilai konsentrasi sedimen rata-rata saat pasang adalah 7.1 kg/m³ dan saat surut adalah 8.7 kg/m³. Pada daerah lokasi mengalami sedimentasi ditunjukkan dengan perubahan profil dasar perairan di daerah sungai menuju ke arah muara berkisar 0.11 meter hingga 0.17 meter, dan profil dasar perairan di daerah muar menuju ke laut mengalami perubahan berkisar 0.07 meter hingga 0.19 meter. Dari hasil data penelitian ini diharapkan dapat berguna untuk proses pengambilan keputusan dalam pengembangan lahan di kawasan Wonorejo.

Kata Kunci: *estuari, morfologi, pemodelan, sedimentasi.*

MODELING OF MORPHOLOGICAL CHANGES IN THE RIVERS WONOKROMO ESTUARY, SURABAYA

Name : Darma Aditya Pratama Putra
Reg. Number : 4311100012
Supervisors : Suntoyo, S.T., M. Eng., Ph.D
Sujantoko, S.T., M.T

ABSTRACT

This observation located at Wonorejo in Wonokromo River Estuarine. In Estuarine areas happening a bed level change phenomena such as sedimentation and erosion process. So this observation is conducted to know how much bed level changing in Wonokromo River Estuarine. Therefore, this study was conducted to determine the basic morphological changes in wonokromo estuary using modeling software MIKE 21 to determine the pattern of current flow in the study area using Hydrodynamic Module and Mud Transport Module to determine the morphological changes on the surface of the base sites. The research showed the average speed of the current at the time of the simulation at the river mouth is about 0.029 - 0.095 m/s. The value of the tidal average sediment concentration is 7.1 gr/m³ and recede at 8.7 gr/m³. In areas those are experiencing sedimentation indicated by changes in the basic profile in the area of the river waters towards the estuary ranging from 0.11 meters to 0.17 meters, and the profiles in the estuary to pengalami waters changes ranging from 0.07 meters to 0.19 meters. From the results of this research the data is expected to be useful for decision-making processes in the development of land in the area Wonorejo.

Keyword: *estuary, morphology, modeling, sedimentation*

KATAPENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah yang telah diberikan. Tak lupa shalawat sertasalam tetap tercurah pada junjungan besar Nabi Muhammad SAW, berkat Rahmat serta Hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini. Laporan ini dibuat untuk menyelesaikan persyaratan pendidikan S-1 bagi mahasiswa Jurusan Teknik Kelautan ITS Surabaya.

Penulis telah berusaha sebaik mungkin menyusun Tugas Akhir ini sesuai dengan pedoman yang telah ditentukan. Tentu saja tidak lepas dari dukungan banyak pihak yang telah membantu penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir yang berjudul “Pemodelan Perubahan Morfologi Perairan Estuari Sungai Wonokromo Surabaya”. Penulis berharap semoga laporan Tugas Akhir ini dapat menambah wawasan bagi pembaca

Didalam laporan Tugas Akhir ini, penulis menyadari masih banyak kekurangan. Sehingga, penulis mengharapkan kritik dan saran yang dapat membangun demi kesempurnaan pembuatan laporan kedepannya. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat berguna bagi penulis sendiri maupun bagi pembaca.

Surabaya,

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Laporan Tugas Akhir ini dapat penulis selesaikan dengan dukungan dan bantuan dari banyak pihak. Untuk itu, penulis dengan sepenuh hati mengucapkan terimakasih banyak kepada:

1. Allah SWT, karena atas rahmatnya dan karunianya telah meridhai penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Orangtua penulis yang tercinta, Mochammad Cholik dan Trirahayu yang telah banyak memberikan doa, dukungan, dan kasih sayang.
3. BapakSuntoyo, ST., M.Eng., P.hD selaku Pembimbing I Tugas Akhir, atas pengajaran, bimbingan, kritik, dan saran selama pengerjaan Tugas Akhir.
4. Bapak Sujantoko, ST., MT. selaku Pembimbing II Tugas Akhir, atas bantuan, kritik, dan saran selama pengerjaan Tugas Akhir.
5. Teman – teman angkatan 2011 yang selalu akrab dan membantu penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini pada saat ada kesulitan.
6. Keluarga sbesar alumni SMA N 1 BANGIL angkatan 2011 yang selalu memberi dukungan dan doa.

Tanpa mereka semua Tugas Akhir ini tidak akan dapat terselesaikan dengan baik. Masih banyak lagi orang – orang yang membantu penulis baik secara langsung maupun tidak namun tidak bisa dituliskan pada buku ini satu – persatu. Terimakasih dan mohon maaf sebesar – besarnya atas kesalahan penulis selama ini.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
UCAPAN TERIMA KASIH	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 LatarBelakang	1
1.2 RumusanMasalah	1
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	
2.1 TinjauanPustaka	3
2.2 DasarTeori.....	4
2.2.1 Muara Sungai	4
2.2.2 Sedimen.....	4
2.2.3 Pergerakan Angkutan Sedimen.....	5
2.2.4 Distribusi Ukuran Sedimen.....	6
2.2.5 Sifat-sifat Sedimen.....	8
2.2.6 Transportasi Sedimen.....	9
2.2.7 Pasang Surut.....	9
2.2.8 Batimetri	10
2.2.9 Pemodelan.....	10
2.2.9.1 Program MIK <i>Zero</i>	10
2.2.9.2 Program MIKE 21	10
2.2.9.3 Modul Hidrodinamika (MIKE 21)	11

2.2.9.4 Kondisi Batas	11
2.2.9.5 Modul <i>Mud Transport</i> MIKE 21	12
2.2.9.6 Parameter Batasan Model	12
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Diagram Alir	15
3.2 Prosedur Penelitian.....	16
BAB IV ISI DAN PEMBAHASAN	
4.1 Lokasi Daerah Studi	19
4.2 Batimetri Muara Sungai Wonokromo	19
4.3 Rencana Pemodelan	20
4.3.1 Data Pasang Surut	20
4.3.2 Data Angin	21
4.3.3 Data Tanah (Butiran Sedimen)	22
4.4 Kondisi Batas Lingkungan dan Model	25
4.4.1 Kondisi Batas	25
4.4.2 Model	28
4.5 Simulasi Model Hidrodinamis dan Validasi	29
4.5.1 Validasi	29
4.5.2 Analisa Pola Arus	33
4.6 Hasil Pemodelan Sebaran Sedimen	39
4.6.1 Analisa Pola Penyebaran Sedimen	40
4.6.2 Analisa Perubahan Morfologi Dasar Perairan	43
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	73
5.2 Saran	74
DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Bagan Alir Pengerjaan Tugas Akhir	16
Gambar 4.1	Lokasi studi penelitian (<i>Google Earth</i> 2015)	19
Gambar 4.2	Kontur Batimetri dari output interpolasi <i>software</i>	20
Gambar 4.3	Grafiik pasang surut periode 23 Agustus 2015 sampai 21 September 2015	21
Gambar 4.4	Diagram mawar angin 23 Agustus 2015 sanpai 21 September 2015	22
Gambar 4.5	Peta pengambilan sampel sedimen (<i>Google Earth</i> 2015)	23
Gambar 4.6	Peta distribusi ukuran sedimen D_{50}	25
Gambar 4.7	Mesing dan kondisi batas model daerah studi	26
Gambar 4.8	Kondisi batas untuk daerah studi	27
Gambar 4.9	Tampilan batimetri pada <i>mesh generator</i>	28
Gambar 4.10	Tampilan bati metri pada model	28
Gambar 4.11	<i>Scatter</i> diagram perbandingan kecepatan arus simulasi dan pengukuran	31
Gambar 4.12	Grafik perbandingan kecepatan pasang surut simulasi dan pengukuran	33
Gambar 4.13	Titik tinjau pengamatan arus	34
Gambar 4.14	Grafik saat akan pasang tertinggi 23 Agustus 2015	34
Gambar 4.15	Hasil sinulasi pemodelan pada <i>time step</i> 54	35
Gambar 4.16	Hasil sinulasi pemodelan pada <i>time step</i> 60	36
Gambar 4.17	Grafik saat akan surut terendah pada 23 Agustus 2015	37
Gambar 4.18	Hasil sinulasi pemodelan pada <i>time step</i> 96	37
Gambar 4.19	Hasil sinulasi pemodelan pada <i>time step</i> 102	38

Gambar 4.20	Pola sebaran sedimen di Muara Sungai Wonokromo saat pasang tertinggi	40
Gambar 4.21	Titik pengukuran sebaran sedimen di Muara Sungai Wonokromo saat pasang tertinggi	40
Gambar 4.22	Pola sebaran sedimen di Muara Sungai Wonokromo saat akan surut	41
Gambar 4.23	Titik pengukuran sebaran sedimen di Muara Sungai Wonokromo saat surut terendah	42
Gambar 4.24	Bed level <i>time step</i> 0.....	43
Gambar 4.25	Bed level <i>time step</i> 4320	44
Gambar 4.26	Posisi luasan 1	46
Gambar 4.27	Pertambahan tinggi permukaan dasar sepanjang luasan 1, kondisi pada akhir simulasi	46
Gambar 4.28	Posisi luasan 2	48
Gambar 4.29	Pertambahan tinggi permukaan dasar sepanjang luasan 2, kondisi pada akhir simulasi	48
Gambar 4.30	Analisa morfologi perairan sungai	50
Gambar 4.31	Analisa perubahan morfologi Sungai 1 berdasarkan garis	50
Gambar 4.32	Grafik perubahan kedalaman pada Garis a.....	51
Gambar 4.33	Grafik perubahan kedalaman pada Garis b	51
Gambar 4.34	Grafik perubahan kedalaman pada Garis c.....	52
Gambar 4.35	Grafik perubahan kedalaman pada Garis d	52
Gambar 4.36	Analisa perubahan morfologi Sungai 2 berdasarkan garis	53
Gambar 4.37	Grafik perubahan kedalaman pada Garis a.....	53
Gambar 4.38	Grafik perubahan kedalaman pada Garis b	54
Gambar 4.39	Grafik perubahan kedalaman pada Garis c.....	54
Gambar 4.40	Grafik perubahan kedalaman pada Garis d	55

Gambar 4.41	Posisi luasan 3	56
Gambar 4.42	Pertambahan tinggi permukaan dasar sepanjang luasan 3, kondisi pada akhir simulasi	56
Gambar 4.43	Posisi luasan 4	58
Gambar 4.44	Pertambahan tinggi permukaan dasar sepanjang luasan 4, kondisi pada akhir simulasi	58
Gambar 4.45	Posisi luasan 5	60
Gambar 4.46	Pertambahan tinggi permukaan dasar sepanjang luasan 5, kondisi pada akhir simulasi	60
Gambar 4.47	Posisi luasan 6	62
Gambar 4.48	Pertambahan tinggi permukaan dasar sepanjang luasan 6, kondisi pada akhir simulasi	62
Gambar 4.49	Posisi luasan 7	64
Gambar 4.50	Pertambahan tinggi permukaan dasar sepanjang luasan 7, kondisi pada akhir simulasi	64
Gambar 4.51	Gambar 4.51 Analisa morfologi perairan muara	66
Gambar 4.52	Grafik perubahan kedalaman pada Garis a	67
Gambar 4.53	Grafik perubahan kedalaman pada Garis b	67
Gambar 4.54	Grafik perubahan kedalaman pada Garis c	68
Gambar 4.55	Grafik perubahan kedalaman pada Garis d	68
Gambar 4.56	Grafik perubahan kedalaman pada Garis e	69
Gambar 4.57	Grafik perubahan kedalaman pada Garis f	69
Gambar 4.58	Grafik perubahan kedalaman pada Garis g	70
Gambar 4.59	Grafik perubahan kedalaman pada Garis h	70
Gambar 4.60	Grafik perubahan kedalaman pada Garis i	71
Gambar 4.61	Grafik perubahan kedalaman pada Garis j	71
Gambar 4.62	Grafik perubahan kedalaman pada Garis k	72

Gambar 4.63 Grafik perubahan kedalaman pada Garis I	72
---	----

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi ukuran butir dan sedimen (Triadmodjo, 2012)	7
Tabel 4.1	Distribusi Sedimentasi Hasil uji Laboratorium	24
Tabel 4.2	Perbandingan kecepatan arus simulasi dan data pengukuran skunder	30
Tabel 4.3	Nilai RMSE (<i>Root Mean Square Error</i>) dan Prosentase Kesalahan	31
Tabel 4.4	Perbandingan arah arus pengukuran dan model	32
Tabel 4.5	Perbandingan pasang surut simulasi dan data pengukuran skunder	33
Tabel 4.6	Analisa pola aliran arus pada <i>step</i> 54	35
Tabel 4.7	Analisa pola aliran arus pada <i>step</i> 60	36
Tabel 4.8	Analisa pola aliran arus pada <i>step</i> 96	38
Tabel 4.9	Analisa pola aliran arus pada <i>step</i> 54	39
Tabel 4.10	Hasil pengukuran sebaran sedimen pasang tertinggi	41
Tabel 4.11	Hasil pengukuran sebaran sedimen surut terendah	42
Tabel 4.12	Koordinat luasan garis analisa pemodelan <i>bed level</i> dalam satuan UTM	45
Tabel 4.13	Hasil perhitungan volume pada luasan 1	47
Tabel 4.14	Hasil perhitungan volume pada luasan 2	49
Tabel 4.15	Hasil perhitungan volume pada luasan 3	57
Tabel 4.16	Hasil perhitungan volume pada luasan 4	59
Tabel 4.17	Hasil perhitungan volume pada luasan 5	61
Tabel 4.18	Hasil perhitungan volume pada luasan 6	63
Tabel 4.19	Hasil perhitungan volume pada luasan 7	65

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Contoh Output Volume Surfer

Lampiran B Contoh Hasil Uji Grainsize

Lampiran C Contoh Data Angin dan Grafik

BAB I

PENDAHULAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Perairan Estuari merupakan daerah perbatasan antara Sungai dengan laut. Daerah ini juga disebut sebagai muara Sungai. Pada daerah Perairan Estuari terjadi proses pengendapan atau erosi dikarenakan fluktuasi distribusi sedimen yang tidak menentu. Dalam proses ini jika suatu muara Sungai mengalami pengendapan oleh material sedimen, maka muara Sungai akan mengalami pendangkalan. Bahkan jika material sedimen terendap sangat banyak dalam kurun waktu yang lama, maka akan terbentuk tanah oloran di bibir muara atau terbentuk delta ditengah-tengah muara. Namun jika sebaliknya proses erosi dikarenakan material sedimen yang ada pada muara mengalami perpindahan ke laut lepas saalah satu faktor penyebabnya adalah akibat terbawa oleh arus Sungai yang deras. Kedua proses tersebut natinya akan berdampak pada pengelolaan lahan kedepannya. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui perubahan morfologi pada Perairan Estuari.

Penelitian ini dilakukan di daerah Perairan Estuari Wonorejo. Perairan ini merupakan salah satu daerah muara Sungai di Pantai Timur Surabaya. Secara admininstratif, Perairan Estuari Sungai Wonokromo terletak di Kota Madya Surabaya di daereah Wonorejo. Perairan Estuari Wonorejo ini merupakan akhir aliran dari Sungai Wonokromo. Di kawasan Perairan Estuari ini telah dikembangkan sebagai lokasi ekowisata *mangrove*.

Dalam penelitian ini diharapkan dapat diketahui proses perubahan morfologi yang akan terjadi pada dasar Perairan Estuari di Wonorejo. Dari hasil ini berguna untuk proses pengambilan keputusan dalam pengembangan lahan di kawasan Wonorejo.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang diteliti dalam pengerjaan Tugas Akhir antara lain:

1. Bagaimana pola aliran arus yang terjadi di Perairan Estuari Sungai Wonokromo?
2. Bagaimana pola sebaran sedimen di Perairan Estuari Sungai Wonokromo?

3. Bagaimana perubahan morfologi di Perairan Estuari Sungai Wonokromo?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan dicapai dari penelitian Tugas Akhir ini antara lain:

1. Mengetahui pola aliran arus yang terjadi di Perairan Estuari Sungai Wonokromo.
2. Mengetahui pola sebaran sedimen di Perairan Estuari Sungai Wonokromo.
3. Mengetahui perubahan morfologi di Perairan Estuari Sungai Wonokromo.

1.4 Batasan Masalah

Dalam proses pengerjaan, penelitian Tugas Akhir ini memiliki beberapa batasan masalah dan ruang lingkup penelitian, antara lain:

1. Tempat penelitian di pusatkan pada daerah Perairan Estuari Sungai Wonokromo.
2. Data bathimetri, angin, pasang surut, dan nilai konsentrasi sedimen merupakan data sekunder.
3. Data debit Sungai yang bermuara adalah konstan.
4. Data konsentrasi sedimen dan data pasang surut adalah konstan.
5. Simulasi hidrodinamika dan transportasi sedimen dilakukan 30 hari.
6. Analisa menggunakan lapisan tanah dengan material lumpur.
7. Analisa hanya menggunakan satu layer dasar.
8. *Software* yang digunakan digunakan untuk menganalisa adalah MIKE 21.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penulisan Tugas Akhir ini adalah didapatkannya karakteristik pola sebaran aliran dan penyebaran sedimen serta perubahan morfologi dasar Perairan yang terjadi di Perairan Estuari Sungai Wonokromo. Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan bahan pertimbangan dalam pengambilan keputusan untuk pengelolaan lahan di Kawasan Wonorejo.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Telah dilakukan penelitian untuk mengkaji perubahan dasar Perairan Estuari Sungai Kapuas menggunakan software pemodelan MIKE 21 yang dikembangkan oleh DHI *Water&Environment*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa dalam rentang waktu simulasi, muara Sungai Kapuas umumnya mengalami pendangkalan dengan ketebalan yang bervariasi. Perubahan ketebalan dasar Perairan muara Sungai Kapuas pada bulan Januari s.d Februari umumnya mengalami sedimentasi (pendangkalan) dengan perubahan ketebalan sekitar 3 s.d 27 mm. Pada bulan Maret, secara umum hanya bagian hulu daerah model yang mengalami peningkatan pendangkalan hingga mencapai 45 mm. Pendangkalan yang signifikan pada bulan Maret berlanjut hingga bulan April. Pendangkalan semakin bergeser ke arah muara hingga mencapai daerah sebelum delta besar pada daerah model (Jumarang dkk, 2012).

Sedimen transport berperan penting dalam berbagai masalah teknik pantai. Erosi yang tidak diinginkan pada bangunan pantai, abrasi garis pantai, atau pengendapan sedimen/pelumpuran pada alur pelabuhan atau muara adalah beberapa contoh permasalahan berkaitan dengan sedimen transport ini. Pengetahuan mengenai sedimen transport ini berguna untuk memperkirakan kecepatan dan jumlah transport sedimen. Secara garis besar ada dua jenis sedimen yang ditransportasikan, yaitu *cohesive* dan *non-cohesive*. Transport sedimen kohesif sering diistilahkan menjadi *Suspended Load Transport* karena kebanyakan sifatnya melayang di air, sementara transport sedimen non-kohesif sering disebut dengan *Bed Load Transport*. Pada beberapa literatur sering disebut *Littoral transport* untuk *Bed Load Transport* dan *Mud Transport* untuk *Suspended Load Transport* (Pratikto, 1997).

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Muara Sungai

Muara Sungai adalah bagian hilir dari Sungai yang berhubungan dengan laut. Muara Sungai adalah bagian Sungai yang dipengaruhi oleh pasang surut. Pengaruh pasang surut terhadap sirkulasi aliran (kecepatan/debit, profil muka air, dan intrusi air asin) di Estuari dapat sampai jauh ke hulu Sungai, yang tergantung pada tinggi pasang surut, debit Sungai dan karakteristik Estuari (tampang aliran, kekasaran dinding, dan sebagainya). Muara Sungai berfungsi sebagai pengeluaran atau pembuangan debit Sungai, terutama pada waktu banjir, ke laut. Karena letaknya yang berada di ujung hilir, maka debit aliran di muara adalah lebih besar dibandingkan pada tampang Sungai di sebelah hulu. Selain itu muara Sungai juga harus melewati debit yang ditimbulkan oleh pasang surut, yang bisa lebih besar dari debit Sungai. Sesuai dengan fungsinya tersebut, muara Sungai harus cukup lebar dan dalam. Permasalahan yang sering dijumpai adalah banyaknya endapan di muara Sungai yang menyebabkan tampang alirannya mengecil sehingga dapat mengganggu pembuangan debit Sungai ke laut. Ketidaklancaran pembuangan tersebut dapat mengakibatkan banjir di daerah sebelah hulu muara (Triatmodjo, 1999).

Estuari merupakan tempat berkumpulnya sedimen dari laut dan darat (Sungai). Biasanya sedimen yang berada di Estuari adalah sedimen sangat halus (sedimen kohesif) yang terangkut dalam bentuk suspensi. Sedimen dengan ukuran butir lebih besar (pasir) biasanya telah mengendap di daerah sebelah hulu (Triatmodjo, 1999).

2.2.2 Sedimen

Sedimen adalah proses pengendapan suatu material yang terkait oleh aliran dari bagian hulu akibat erosi (Triatmodjo, 1999). Media pengendapan pada proses sedimentasi bermacam-macam. Sedimentasi dapat melalui media air, angin dan es. Hasil sedimentasi dengan media air (air Sungai) dapat berupa delta yang terdapat di ujung hilir Sungai, hasil sedimentasi dengan media angin dapat berupa kumpulan atau gundukan pasir yang terdapat di gurun pasir, juga berada di tepi pantai sedangkan hasil sedimentasi dengan media es dapat berupa glasier.

Sedimentasi terjadi karena terdapat suplai muatan sedimen yang tinggi di lingkungan pantai. Proses sedimentasi berlangsung terus selama suplai muatan sedimentasi yang banyak dari daratan masih terus terjadi. Sedimen transport berperan penting dalam berbagai masalah teknik pantai. Erosi yang tidak diinginkan pada bangunan pantai, abrasi garis pantai, pengendapan sedimen/pelumpuran pada muara adalah beberapa contoh permasalahan yang berkaitan dengan sedimen transport. Pengetahuan mengenai sedimen transport ini berguna untuk memperkirakan kecepatan dan jumlah transport sedimen. Sehingga dengan pemahaman tingkat/kecepatan sedimen transport, kemungkinan untuk perubahan garis pantai dapat diketahui sebelumnya dan pengaruhnya terhadap bangunan-bangunan buatan dapat diminimumkan (Suntoyo, 2014).

2.2.3 Pergerakan Angkutan Sedimen

Sedimen dapat berada di berbagai lokasi dalam aliran, tergantung pada keseimbangan antara kecepatan ke alas pada partikel (gaya tarik dan gaya angkat) dan kecepatan pengendapan partikel. Ada 3 (tiga) macam pergerakan angkutan sedimen yaitu diantaranya (Suntoyo, 2014):

1. Bed Load Transport

Partikel kasar yang bergerak di sepanjang dasar Sungai secara keseluruhan disebut dengan *bed load*. Adanya *bed load* ditunjukkan oleh gerakan partikel di dasar Sungai yang ukurannya besar, gerakan itu dapat bergeser, menggelinding atau meloncat-loncat, akan tetapi tidak pernah lepas dari dasar Sungai. Pada kondisi ini pengangkutan material terjadi pada aliran yang mempunyai kecepatan aliran yang relatif lambat, sehingga material yang terbawa arus sifatnya hanya menggelinding sepanjang saluran.

2. Wash Load Transport

Wash load adalah angkutan partikel halus yang dapat berupa lempung (*silk*) dan debu (*dust*), yang terbawa oleh aliran Sungai. Partikel ini akan terbawa aliran sampai ke laut, dapat juga mengendap pada aliran yang tenang maupun pada air yang tergenang. Sumber utama dari *wash load* adalah hasil pelapukan lapisan atas

batuan atau tanah di dalam daerah aliran Sungai. Pada kondisi ini pengangkutan material terjadi pada aliran yang mempunyai kecepatan aliran yang relatif cepat, sehingga material yang terbawa arus membuat loncatan-loncatan akibat dari gaya dorong pada material tersebut.

3. *Suspended Load Transport*

Suspended load adalah material dasar Sungai (*bed material*) yang melayang di dalam aliran dan terutama terdiri dari butir pasir halus yang senantiasa mengambang di atas dasar Sungai, karena selalu didorong ke atas oleh turbulensi aliran. Jika kecepatan aliran semakin cepat, gerakan loncatan material akan semakin sering terjadi sehingga apabila butiran tersebut tergerus oleh aliran utama atau aliran turbulen ke arah permukaan, maka material tersebut tetap bergerak (melayang) di dalam aliran dalam selang waktu tertentu.

2.2.4 Distribusi Ukuran Sedimen

Distribusi ukuran butir merupakan salah satu sifat paling penting. Distribusi ukuran butir sedimen tersebut dapat mempengaruhi proses transport sediment sehingga akan mempengaruhi besar kecilnya kemungkinan erosi atau abrasi. Berdasarkan ukuran butir, sedimen dapat diklasifikasikan menjadi lempung, lumpur, pasir, kerikil, koral, dan batu. Distribusi ukuran butir dianalisis dengan saringan dan direpresentasikan dalam bentuk kurva presentasi berat kumulatif. Untuk mengukur derajat penyebaran ukuran butiran terhadap nilai rerata sering digunakan koefisien S_0 yang didefinisikan sebagai rumus berikut ini:

$$S_0 = \sqrt{\frac{D_{75}}{D_{25}}} \quad 2.1$$

Dengan D_p merupakan ukuran dimana $p\%$ dari berat sampel lebih halus dari diameter butir tersebut. Apabila $1,0 \leq S_0 \leq 1,5$ ukuran butir pasir seragam, untuk $1,5 \leq S_0 \leq 2,0$ penyebaran ukuran pasir sedang, sementara untuk $2,0 \leq S_0$ berarti gradasi ukuran pasir bervariasi (Triatmodjo, 1999).

Tabel 2.1 Klasifikasi ukuran butir dan sedimen (Triatmodjo, 1999)

Klasifikasi		Diameter Partikel	
		mm	Satuan phi
Batu		256	
Cobble		128	-8
Koral (Pebble)	Besar	64	-7
	Sedang	32	-6
	Kecil	16	-5
	Sangat kecil	8	-4
Kerikil		4	-3
Pasir	Sangat kasar	2	-2
	Kasar	1	-1
	Sedang	0,5	0
	Halus	0,25	1
	Sangat halus	0,125	2
Lumpur	Kasar	0,063	3
	Sedang	0,031	4
	Halus	0,015	5
	Sangat halus	0,0075	6
Lempung	Kasar	0,0037	7
	Sedang	0,0018	8
	Halus	0,0009	10
	Sangat halus	0,0005	11
		0,0003	12

Ukuran partikel juga menunjukkan proses pengangkutan dan pengendapan material, misalnya kemampuan air atau angin untuk memindahkan partikel. Ukuran partikel sangat penting dalam menentukan tingkat pengangkutan sedimen ukuran tertentu dan tempat sedimen tersebut terakumulasi di laut (Wahyuni, 2014).

2.2.5. Sifat-sifat Sedimen

Selain dari pergerakan sedimen tersebut juga sangat penting untuk mengetahui sifat-sifat dari sedimen itu sendiri. Sifat yang dimaksud adalah ukuran partikel dan distribusi sedimen, rapat massa, kecepatan endap, bentuk, dan tahanan terhadap erosi, dan sebagainya (Triadmodjo, 1999). Berikut ini adalah sedikit penjelasan dari sifat-sifat sedimen:

a. Ukuran partikel sedimen

Ukuran partikel sedimen dapat mempengaruhi besar atau kecilnya kemungkinan sedimen tersebut dapat mengalami erosi atau abrasi. Sehingga akan mempengaruhi terhadap proses transport sedimen. Sedimen berdasarkan ukuran butir dapat diklasifikasikan menjadi lempung lumpur, pasir, kerikil, koral, dan batu. Material sangat halus seperti lumpur dan lempung yang merupakan sedimen kohesif.

b. Rapat massa

Rapat massa adalah massa tiap satuan volume. Rapat massa sendiri mempunyai korelasi antara berat jenis dengan persamaan:

$$\gamma = \rho \cdot g \quad 2.2$$

dimana persamaan ini merupakan fungsi dari komposisi mineral. Untuk sedimen kohesif rapat massa sedimen tergantung pada konsentrasi endapan dan konsentrasi konsolidasi endapan yang dipengaruhi oleh waktu konsolidasi. Di samping itu juga ada rapat relative yang merupakan perbandingan antara rapat massa suatu zat dengan rapat massa air 4°. Rapat massa air pada temperatur tersebut yakni 1000 kg/m³ (Wicaksono, 2014).

c. Kecepatan endap

Kecepatan endap merupakan kecepatan yang diperlukan oleh partikel sedimen untuk dapat terdeposisi di dasar Sungai. Konsentrasi sangat mempengaruhi kecepatan endap, semakin tinggi konsentrasi semakin tinggi pula kecepatan endapnya. Untuk sedimen non kohesif,

kecepatan endap dihitung dengan rumus stokes yang tergantung pada rapat massa sedimen, viskositas air, dimensi dan bentuk partikel sedimen. Untuk sedimen jenis ini kecepatan endap dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti salinitas, konsentrasi sedimen suspensi dan diameter partikel. Konsentrasi sedimen suspensi merupakan parameter paling penting dalam proses flokulasi, yaitu fenomena dimana resultan gaya permukaan yang bekerja pada partikel sedimen adalah dominan gaya tarik, maka partikel akan berkumpul dan membentuk kumpulan sedimen yang disebut flokon dengan dimensi yang lebih besar dari pada partikel sedimen individu (DHI, 2007).

2.2.6. Transportasi Sedimen

Sedimen transport sangat berperan penting dalam berbagai masalah teknik pantai. Hal ini berkaitan dengan sedimentasi dan erosi garis pantai atau pengendapan sedimen pada muara Sungai atau muara pintu masuk pelabuhan. Pengetahuan tentang sedimen transport memungkinkan untuk dapat memperkirakan kecepatan dan jumlah transport sedimen yang terjadi sehingga dapat diprediksikan seberapa besar perubahan garis pantai dalam kurun waktu tertentu. Seluruh proses siklus yang terus-menerus yang dapat dilihat sebagai berikut (Suntoyo, 2014):

Soil erosion → Sediment transport → Sedimentation

2.2.7. Pasang Surut

Pasang surut disebabkan oleh gaya gravitasi dari Bulan dan sedikit pengaruh dari Matahari. Gaya tarik menarik antara Matahari, Bulan dan Bumi selalu menyebabkan gerakan relatif, termasuk air laut yang kemudian disebut gerakan pasang surut (CERC, 1984). Ketinggian rentang pasang surut (*tidal range*) sangat berpengaruh terhadap proses dinamika pesisir karena menentukan letak garis kesamaan rentang pasang surut dan garis kesamaan pasangannya yang menjadi penggerak massa air pasang surut. Gerakan massa air ini dapat mempengaruhi sistem penyebaran dan dinamika sedimen Perairan pesisir maupun bentuk delta.

2.2.8. Batimetri

Batimetri merupakan ilmu yang mempelajari kedalaman di bawah air dan studi tentang tiga dimensi lantai Samudera atau Danau. Sebuah peta batimetri umumnya menampilkan relief lantai atau daratan dengan garis-garis kontur (*contour lines*) yang disebut kontur kedalaman (*depth contours* atau *isobath*) dan dapat memiliki informasi tambahan berupa informasi navigasi permukaan. Peta batimetri sendiri dapat diartikan dengan peta yang menggambarkan bentuk konfigurasi dasar laut dinyatakan dengan angka-angka kedalaman dan garis-garis kedalaman. Peta batimetri ini dapat divisualisasikan dalam tampilan 2 dimensi (2D) maupun 3 dimensi (3D). Peta batimetri sangat berguna pada saat melakukan pekerjaan di laut, seperti perencanaan bangunan pelindung pantai, studi tentang proses morfologi pantai, pembangunan pelabuhan dan lain-lain (Wahyuni, 2014).

2.2.9. Pemodelan

2.2.9.1. Program MIKE Zero

MIKE Zero merupakan salah *software* yang dimiliki oleh DHI Software. Di sini penulis menggunakan DHI Software Release 2007. DHI Software ini berasal dari Denmark. MIKE Zero adalah nama umum milik DHI yang tergabung dengan grafik Windows secara keseluruhan untuk simulasi, pre dan post analisa proses, mempresentasikan dan memvisualisasi dengan orientasi proyek lingkungan. MIKE Zero ini memberikan akses untuk sistem modeling yang berbeda-beda. Salah satunya yaitu MIKE 21 (DHI Water and Environment, 2007).

2.2.9.2. Program MIKE 21

Merupakan paket *software engineering* yang meliputi permodelan untuk 2D aliran permukaan, seperti muara Sungai, daerah pantai dan laut. MIKE 21 ini dapat diaplikasikan pada simulasi hidrolis yang berhubungan pada fenomena di danau, muara, teluk, area pantai dan lautan yang terstratifikasi dapat diabaikan. Di dalam laporan ini, penulis menggunakan paket ini untuk permodelannya (DHI Water and Environment, 2007).

2.2.9.3. Modul Hidrodinamika (MIKE 21)

Di dalam MIKE 21 ini terdapat modul *hydrodynamic* yang digunakan untuk memodelkan muka air dan arus di danau, muara, teluk, area pantai dan lautan. Model ini menyimulasikan arus *unsteady* dua dimensional dalam satu lapisan fluida dan telah banyak dipergunakan dalam penelitian. Persamaan berikut menggabungkan massa dengan momentum secara vertikal, yang menggambarkan sebagai arus dan variasi muka air. Berikut ini adalah persamaan umumnya (DHI *Water and Environment*, 2007):

$$\frac{\delta \zeta}{\delta t} + \frac{\delta p}{\delta x} + \frac{\delta q}{\delta y} = \frac{\delta d}{\delta t} \quad (2.3)$$

$$\frac{\delta \zeta}{\delta t} + \frac{\delta}{\delta x} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\delta}{\delta y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\delta \zeta}{\delta x} \quad (2.4)$$

$$\frac{\delta \zeta}{\delta t} + \frac{\delta}{\delta y} \left(\frac{q^2}{h} \right) + \frac{\delta}{\delta x} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\delta \zeta}{\delta x} \quad (2.5)$$

Dengan simbol yang digunakan dalam persamaan adalah:

$h(x,y,t)$	= kedalaman Perairan (= $\zeta - d$, m)
$d(x,y,t)$	= kedalaman Perairan yang bervariasi terhadap waktu (m)
$\zeta(x,y,t)$	= ketinggian permukaan (m)
$p,q(x,y,t)$	= berat jenis flux dalam arah x- dan y- ($m^3/s/m$)
g	= percepatan gravitasi (m^2/s)
x	= koordinat jarak sumbu x (m)
y	= koordinat jarak sumbu y (m)
t	= waktu (s)

2.2.9.4. Kondisi Batas

Tujuan utama MIKE 21 HD (*hydrodynamic*) adalah untuk menyelesaikan persamaan diferensial parsial yang dipengaruhi arus horizontal. Seperti persamaan diferensial lainnya, MIKE 21 memerlukan *boundaryconditions* (kondisi batas). Kondisi batas pada modul MIKE 21 HD ini ada dua, yaitu *closed boundary* dan *open boundary*. Pada *closed boundary* normal flux diasumsikan nol untuk semua variabel. Sedangkan pada *open boundary* dapat ditetapkan sebagai bentuk ketinggian permukaan bumi untuk persamaan hidrodinamik. Secara umum *boundary data* yang diperlukan adalah:

- a. Ketinggian permukaan pada *open boundary* dan berat jenis flux yang sejajar dengan *open boundary*.
- b. Bathimetri
- c. Data pasang surut
- d. Debit Sungai (muara Sungai dan lautan)
- e. *Bed resistance*

Keberhasilan dalam mengaplikasikan MIKE 21 HD ini adalah pada pemilihan *open boundary* yang tepat (DHI Water and Environment, 2007).

2.2.9.5. Modul Mud Transport MIKE 21

Modul ini dapat digunakan dalam perhitungan erosi dan sedimentasi transport, baik untuk material tipe lumpur maupun lumpur yang bercampur pasir, tetapi penitik beratannya pada perhitungan tipe jenis lumpur. Dengan kata lain perhitungan pada material kohesif.

2.2.9.6. Parameter Batasan Model

Dalam perhitungan *Mud Transport* digunakan tiga tipe pemodelan yang berbeda, yaitu:

- a. *Pure Current* adalah simulasi perhitungan sedimen dengan menggunakan modul simulasi arus murni sehingga untuk perhitungan sedimen dasar dan sedimen layang dihitung terpisah.
- b. *Combined Current and Waves* adalah perhitungan simulasi sedimen dengan modul kombinasi campuran antara arus dan gelombang yang terdiri dari bahan lapisan dasar (*Bed Load*) dan beban melayang

(*Suspended Load*). Tetapi yang dihitung adalah beban total yang digunakan. Berbeda dengan Modul *Pure Current* yang bebannya dihitung terpisah.

c. Persamaan yang digunakan dalam modul *Mud Transport*

Van Rijn (1984) menghasilkan rumusan tentang perhitungan sedimen dasar dan sedimen layang yang digunakan dalam *software* ini yaitu:

$$q_t = q_b + q_s \quad (2.6)$$

dengan:

$$q_t = \text{sedimen total}$$

Perhitungan sedimen dasar dirumuskan sebagai berikut: (2.7)

$$q_b = 0.053 (s-1)^{0.5} g^{0.5} d_{50}^{1.5} D_*^{-0.3} T^{2.1}$$

persamaan ini digunakan untuk sedimen transpot dengan ukuran partikel 200-2000 μm .

$$D_* = \left[(s-1) \frac{g}{v^2} \right]^{1/3} \quad (2.8)$$

Dengan:

$$q_b = \text{sedimen dasar (m}^2/\text{s)}$$

$$T = \text{dimensionless density untuk material dasar}$$

$$s = \text{relative density untuk material dasar}$$

$$D_* = \text{parameter dimensi partikel}$$

$$h = \text{percepatan gravitasi (m}^2/\text{s)}$$

$$\nu = \text{koefisien viskositas kinematik (m}^3/\text{s)}$$

$$d_{50} = \text{diameter partikel}$$

Perhitungan sedimen layang dirumuskan sebagai berikut:

$$\frac{q_{sc}}{wh} = 0.012 \left(\frac{\bar{u} - \bar{u}_{cr}}{(s-1)g(d_{50})^{0.5}} \right)^{2.4} \left(\frac{d_{50}}{h} \right) \left(\frac{1}{D_*} \right)^{0.6} \quad (2.9)$$

$$\bar{u}_{cr} = (d_{50})^{0.6} \log \left(\frac{12h}{3d_{90}} \right) \quad (2.10)$$

Dengan:

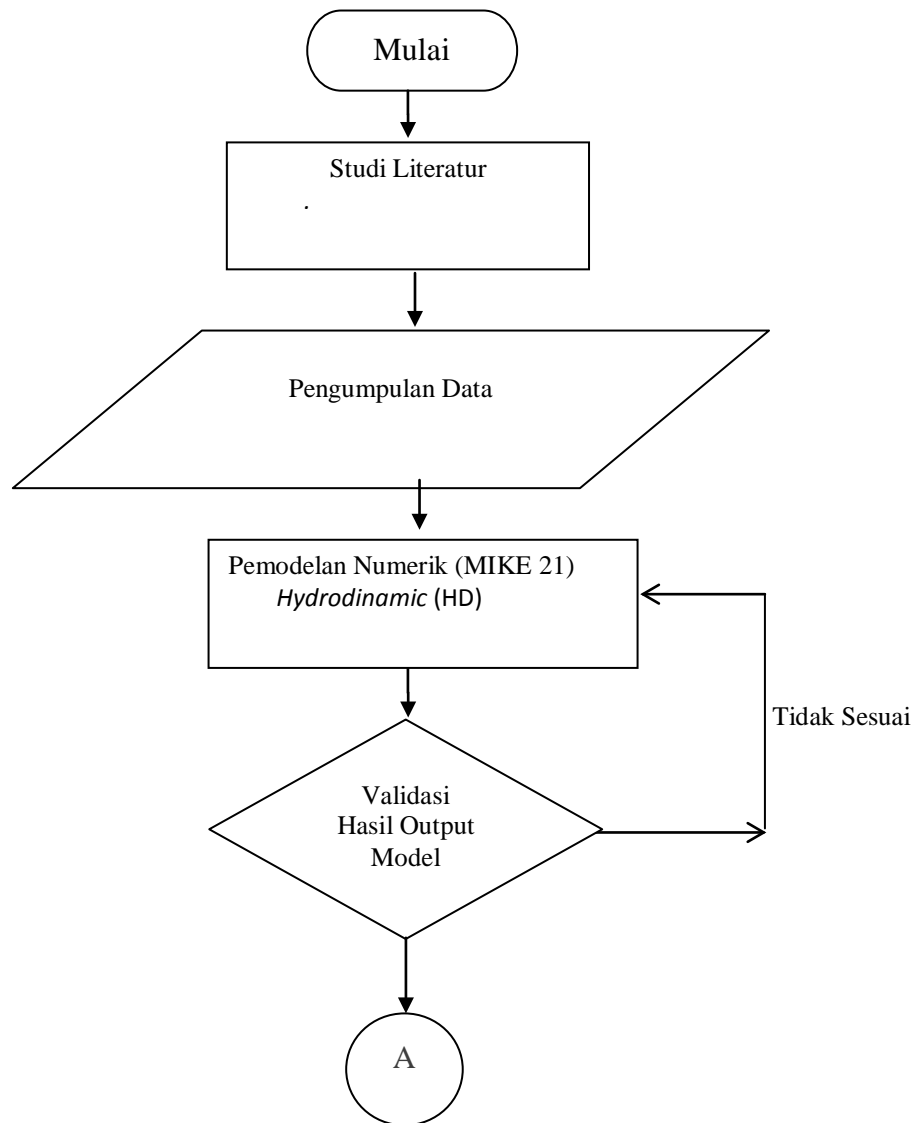
$q_{s,c}$ = sedimen layang (m^2/s)
 D_* = parameter dimensi partikel
 g = percepatan gravitasi (m^2/s)
 \bar{u} = kecepatan kedalaman rata-rata
 h = kedalaman air (m)
 \bar{u}_{cr} = kecepatan kritis kedalaman rata-rata
 d_{50} = diameter partikel

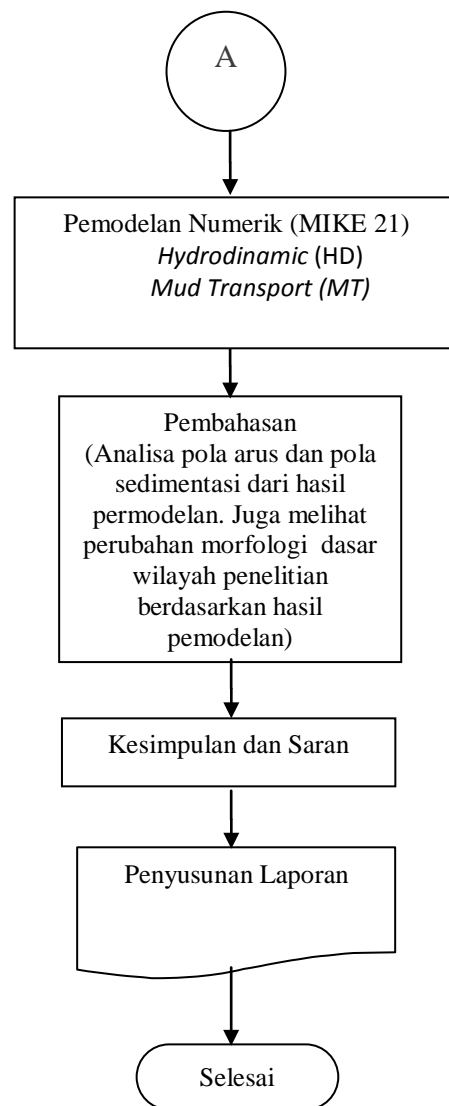
BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir

Metode penelitian yang digunakan dalam Tugas Akhir ini digambarkan melalui diagram alir (*flowchart*) pada gambar 3.1 di bawah ini.





Gambar 3.1 Bagan Alir Pengerjaan Tugas Akhir.

3.2 Prosedur Penelitian

Untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini diberikan penjelasan terperinci mengenai langkah-langkah pengerjaan yang akan dijabarkan sebagai berikut ini:

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk memberikan penjelasan terhadap permasalahan yang ada. Tahapan ini memberikan tambahan pengetahuan terhadap permasalahan yang akan dibahas di Tugas Akhir ini dengan mencari dan mempelajari literatur yang diperlukan. Literatur yang dimaksud dapat berupa buku, jurnal, atau pun laporan Tugas Akhir

terdahulu yang membahas permasalahan yang sama dengan Tugas Akhir ini. Selain itu juga mempelajari proses pengolahan data dan pemodelan dengan menggunakan *software* MIKE 21 yang dapat dipelajari melalui modul yang terdapat pada *software* tersebut.

2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan sebelum pengerjaan Tugas Akhir dimulai. Data-data yang diperlukan berupa data sekunder dan data primer. Data sekunder diantaranya adalah data bathimetri, angin, pasang surut, debit Sungai, arus yang merupakan data sekunder tahun 2015. Sedangkan data primer adalah data ukuran butir sedimen.

3. Pemodelan *Software*

Sebelum melakukan simulasi model, pembuatan model dan kondisi batasnya harus dilakukan terlebih dahulu. Kemudian simulasi pertama dilakukan untuk kondisi hidrodinamika tempat penelitian. Simulasi pertama bertujuan untuk mendapatkan pola aliran dan besar arus yang terjadi. Setelah didapatkan data arus dan valid dengan data sekunder arus, dilakukan simulasi penyebaran transpor sedimen dengan modul 22 transpor sedimen lumpur. Simulasi pemodelan dibantu dengan *software* MIKE 21 modul idrodinamika dan transpor sedimen pasir.

4. Validasi

Validasi dilakukan dengan untuk melihat valid atau tidaknya hasil dari pemodelan awal (data arus pasang surut) dari modul hidrodinamika yang berupa besar arus di daerah muara. Apabila telah dinyatakan valid, maka simulasi pemodelan beikutnya dapat dilakukan. Hasil simulasi yang didapatkan adalah berupa arus, elevasi muka air, konsentrasi sedimen dan perubahandasar Perairan (*bed level change*).

5. Pembahasan

Pembahasan berisikan analisa mengenai hasil pemodelan yang dilakukan, dengan melihat pola aliran dan penyebaran sedimen yang terjadi di tempat penelitian. Kemudian menganalisa perubahan profil dasar Perairan muara.

6. Kesimpulan dan Saran

Membuat kesimpulan yang sesuai dengan perumusan masalah yang telah dibuat dan memberikan saran yang tepat untuk penelitian-penelitian yang mungkin akan dilakukan dengan topik yang sama sehingga diharapkan dapat memudahkan dalam pengerjaan penelitian tersebut.

7. Penyusunan Laporan

Penulisan laporan meliputi penulisan mulai dari awal (latar belakang, tujuan, dan sebagainya) sampai dengan saran dan kesimpulan dari hasil analisis yang telah dilakukan serta pemberian saran-saran untuk penelitian yang serupa selanjutnya.

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Lokasi Daerah Studi

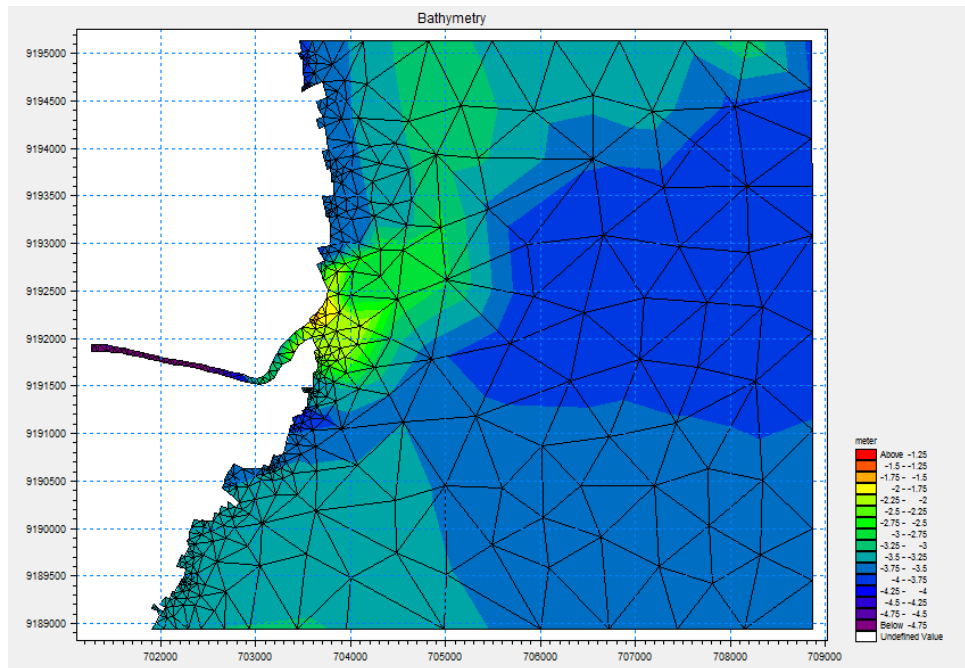
Lokasi penelitian Tugas Akhir ditampilkan pada gambar dibawah diperoleh dengan mengutip citra satelit dari *Google Earth* pada tahun 2015. Dimana wilayah pengamatan merupakan Sungai dan muara Sungai yang berada di kawasan Wonorejo (Gambar 4.1.).



Gambar 4.1 Lokasi studi penelitian (*Google Earth* 2015)

4.2 Bathimetri Muara Sungai Wonokromo

Peta bathimetri yang digunakan adalah dari kontur pemodelan awal yang digabungkan dengan kondisi batas pada *mesh generator* seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.2



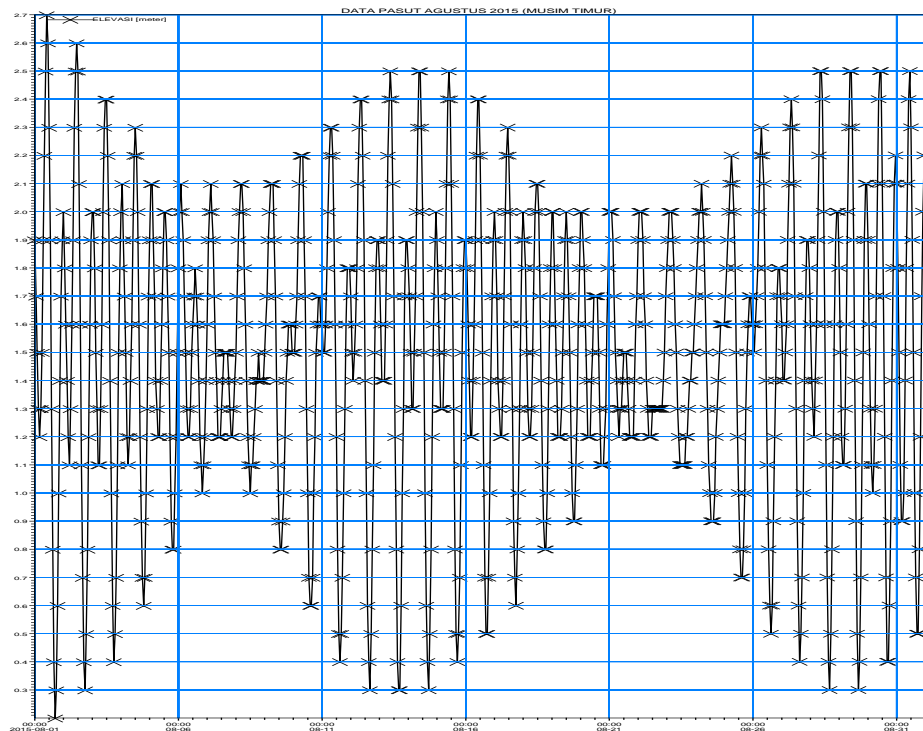
Gambar 4.2 Kontur batimetri dari output interpolasi *software*

4.3 Rencana Pemodelan

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini diperlukan beberapa tahapan dalam proses pengerjaannya. Dimulai dari pengolahan data lingkungan yang terkait dengan kondisi di Perairan Estuari Wonorejo. Data lingkungan tersebut diantaranya adalah data pasang surut dan data angin masing-masing pada tahun 2015. Kemudian dilakukan simulasi hidrodinamika dan transpor sedimen.

4.3.1 Data Pasang Surut

Data pasang surut yang didapat merupakan data data pasang surut yang digunakan berasal dari Daftar Pasang Surut Kepulauan Indonesia Tahun 2015 yang dikeluarkan oleh Dinas Hidro-Oseanografi (Dishidros) TNI AL. Sehingga dapat diketahui bagaimana tipe dan keadaan tertinggi air saat pasang dan keadaan terendah air saat surut. Berikut ini adalah grafiknya yang diplotkan dalam *time series software*:

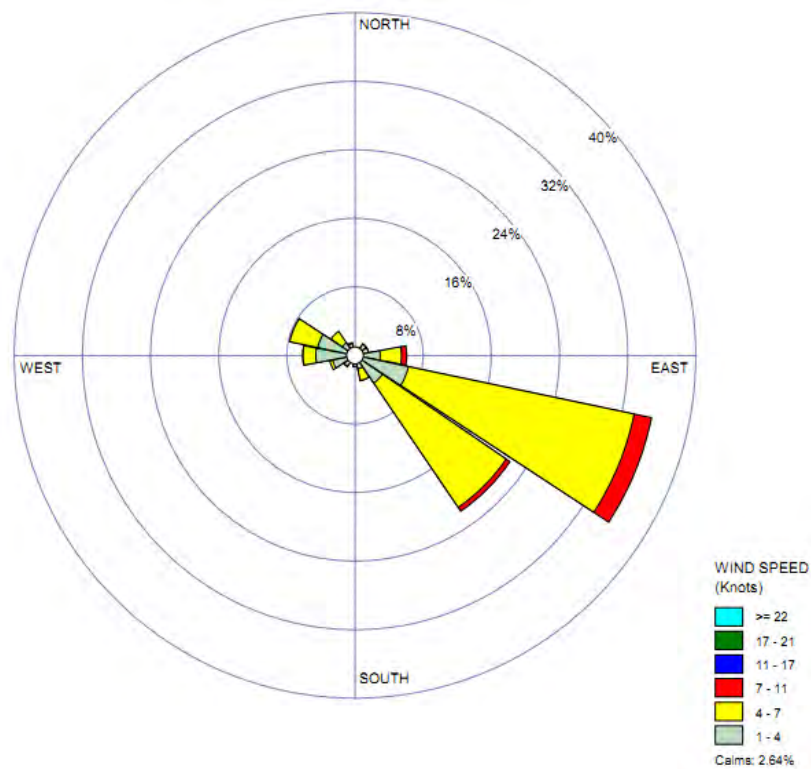


Gambar 4.3 Grafik pasang surut priode 23 Agustus 2015 sampai dengan 21 September 2015

Pada Gambar 4.3 pasang surut yang terjadi pada periode 23 Agustus 2015 sampai dengan 21 September 2015 memiliki periode yang berbeda-beda. Tipe pasang surut semidiurnal. Dari grafik diatas dapat dilihat nilai MSL sebesar 1.5 meter, nilai LLWL sebesar -1.3 meter dan nilai HHWL sebesar 1.2 meter

4.3.2 Data Angin

Angin mempengaruhi pola pergerakan dan kecepatan arus yang terjadi di Perairan Estuari. Pada program MIKE 21, data angin berperan dalam inputan data *wind forcing* yang terdapat pada modul hidrodinamika. Angin juga dapat membangkitkan energi gelombang yang nantinya akan mempengaruhi pola pergerakan dari transpor sedimen dan arus yang terjadi. Adapun data angin yang diperoleh dari data sekunder adalah data angin pada tanggal 23 Agustus 2015 sampai dengan 21 September 2015. Input data ini nantinya akan sesuai dengan *step* dan waktu simulasi pemodelan yang dilakukan. Dari diagram angin berikut diketahui arah dominan angin berasal dari tenggara menuju ke barat daya.



Gambar 4.4 Diagram Mawar Angin 23 Agustus 2015 sampai dengan 21 September 2015.

4.3.3 Data Tanah (Butiran Sedimen)

Untuk mengetahui klasifikasi butiran tanah di wilayah studi, maka dilakukan beberapa pengujian tanah sampel sedimen dari lokasi tersebut. Pada daerah studi diambil sepuluh titik pengambilan sampel yang di mulai dari hulu Sungai yang terdapat pada depan dermaga hingga menuju ke mulut Sungai. Berikut ini adalah peta pengambilan sampel sedimen.



Gambar 4.5. Peta pengambilan sampel sedimen (*Google Earth* 2015)

Berat sampel yang diambil ± 1000 gram pada masing-masing titik. Pengujian dilakukan di *Laboratory of Soil Mechanic and Rock* Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS, beberapa pengujian diantaranya *grain size analyze*, *hidrometer analyze*, dan *specific gravity analyze* dilakukan untuk mengetahui ukuran D50 tanah. Berikut ini adalah hasil dari pengujian:

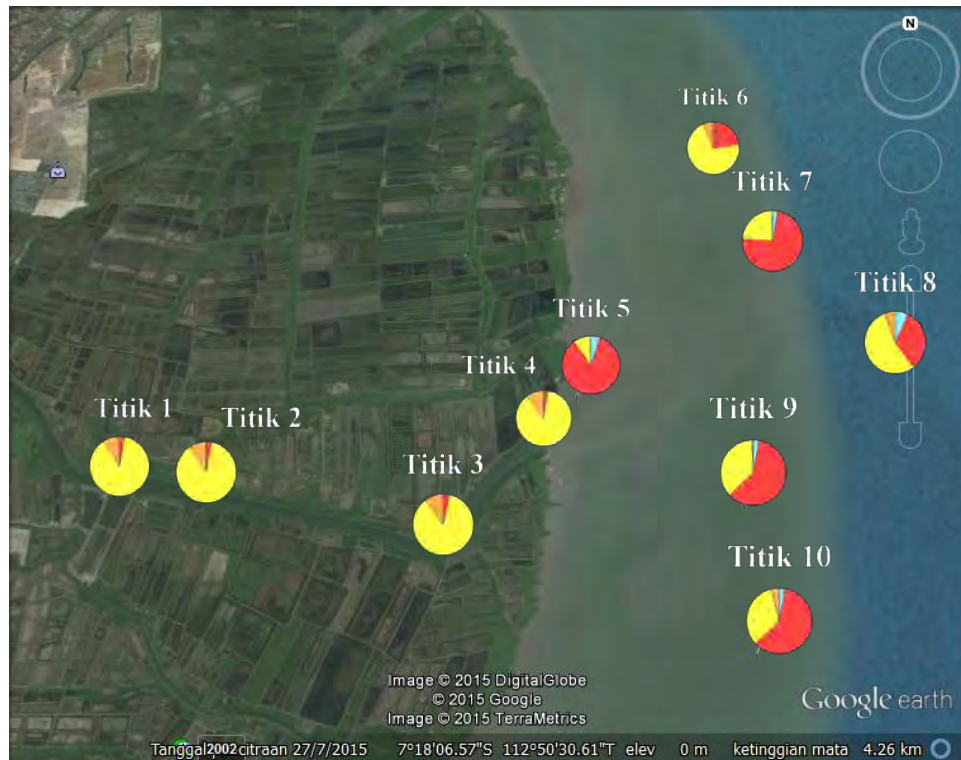
Tabel 4.1 Distribusi Sedimen Hasil Uji Laboratorium

Sample no	Persentasi (%)				D ₅₀ (mm)	Jenis Butir
	Kerikil	Pasir	Lanau	Lempung		
1	0	2.7	87.98	9.32	0.021	Lanau Berlempung
2	0.28	2.52	87.89	9.31	0.019	Lanau Berlempung

Sample no	Persentasi (%)				D ₅₀ (mm)	Jenis Butir
	Kerikil	Pasir	Lanau	Lempung		
3	0	3.51	86.29	10.2	0.016	Lanau Berlempung
4	0.02	2.52	87.16	10.3	0.015	Lanau Berlempung
5	4.93	85.11	9.8	0.16	0.013	Pasir Berlanau
6	0.48	22.68	70.25	6.59	0.033	Lanau Berpasir
7	2.75	73.44	23.43	0.38	0.092	Pasir Berlanau
8	6.9	33.02	54.33	5.75	0.05	Lanau Berpasir
9	2.94	60.09	36.38	0.59	0.083	Pasir Berlanau
10	2.94	60.09	33.06	3.91	0.094	Pasir Berlanau

Dari Tabel 4.1. bisa ditarik kesimpulan daerah studi memiliki karakteristik sedimen yang lanau. Oleh karena itu pada pemodelan *software* MIKE digunakan *Module Mud Transport* untuk mengetahui sebaran dan laju sedimen yang ada di daerah studi.

Berikut ini adalah distribusi butiran sedimen (D₅₀) yang di plot dalam peta lokasi studi Estuari Wonorejo:



Gambar 4.6 Peta distribusi ukuran sedimen (D_{50})

Keterangan warna:

	: Kerikil
	: Pasir
	: Lanau
	: Lempung

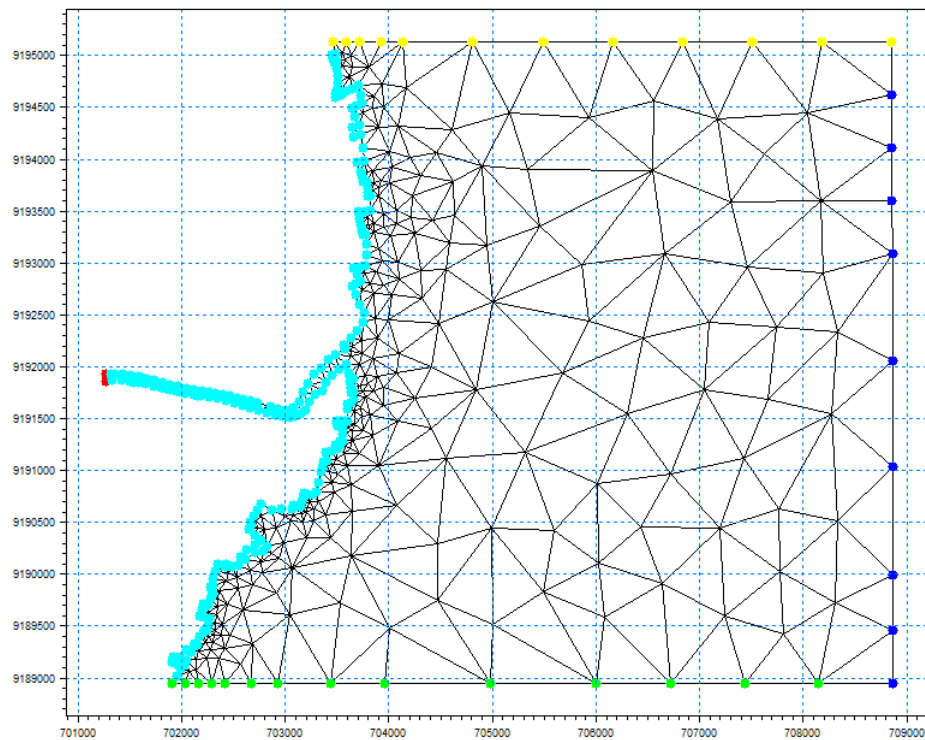
Dari distribusi sebaran D_{50} diatas dapat dilihat bahwa di lokasi studi daerah Sungai endapan sedimen memiliki karakterisrtik dominan lanau berpasir. Sedangkan untuk daerah muara dan leapas pantai endapan sedimen memiliki karakteristik dominan pasir berlanau.

4.4 Kondisi Batas Lingkungan dan Model

4.4.1 Kondisi Batas

Tahap awal melakukan pemodelan pada *software* yaitu dengan memodelkan wilayah Perairan pada lokasi penelitian Tugas Akhir ini. Pembuatan model dilakukan dengan menginputkan batimetri sesuai wilayah geografisnya

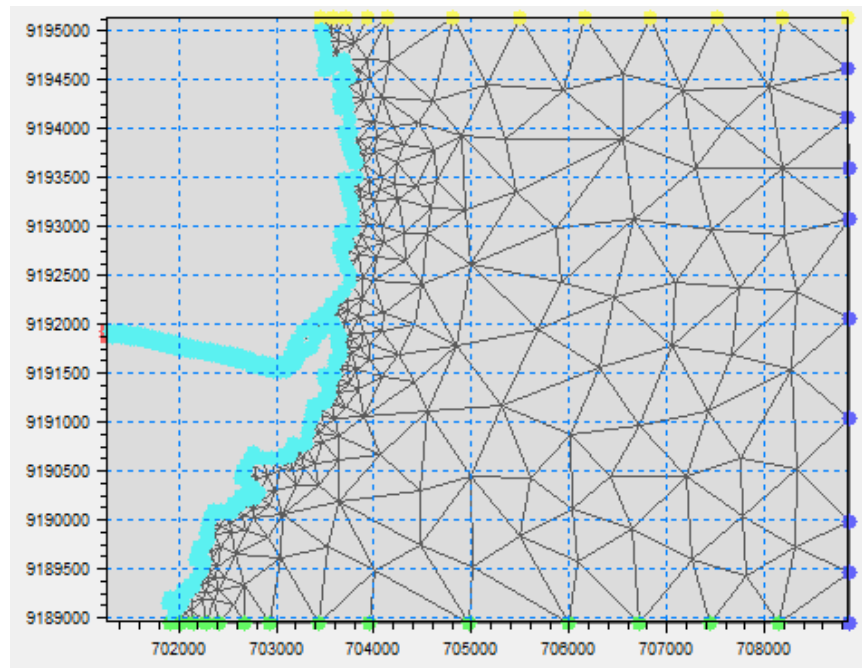
beserta kondisi batas. Keemudian dilakukan *meshing* pada model. Berikut ini adalah tampilan model yang telah di *meshing*:



Gambar 4.7 Meshing dan kondisi batas model daerah studi

Pada Gambar 4.7 terlihat wilayah pengamatan telah dimeshing. Pada proses ini, diberikan kondisi batas data pasang surut selama 30 hari, pada 23 Agustus 2015 sampai dengan 21 September 2015. Kondisi batas yang diberikan sebanyak dua buah, diantaranya kondisi batas untuk daratan dan perairan pada daerah penelitian. Setelah kondisi batas diinputkan, kemudian data batimetri dan posisi UTM-nya juga diinput sesuai dengan wilayah pengamatan studi. Tujuannya untuk mengetahui kondisi morfologi dasar Perairan dengan tampilan warna kedalaman dasar yang berbeda-beda.

Berikut ini adalah tampilan kondisi batas model:



Gambar 4.8 Kondisi batas untuk daerah studi

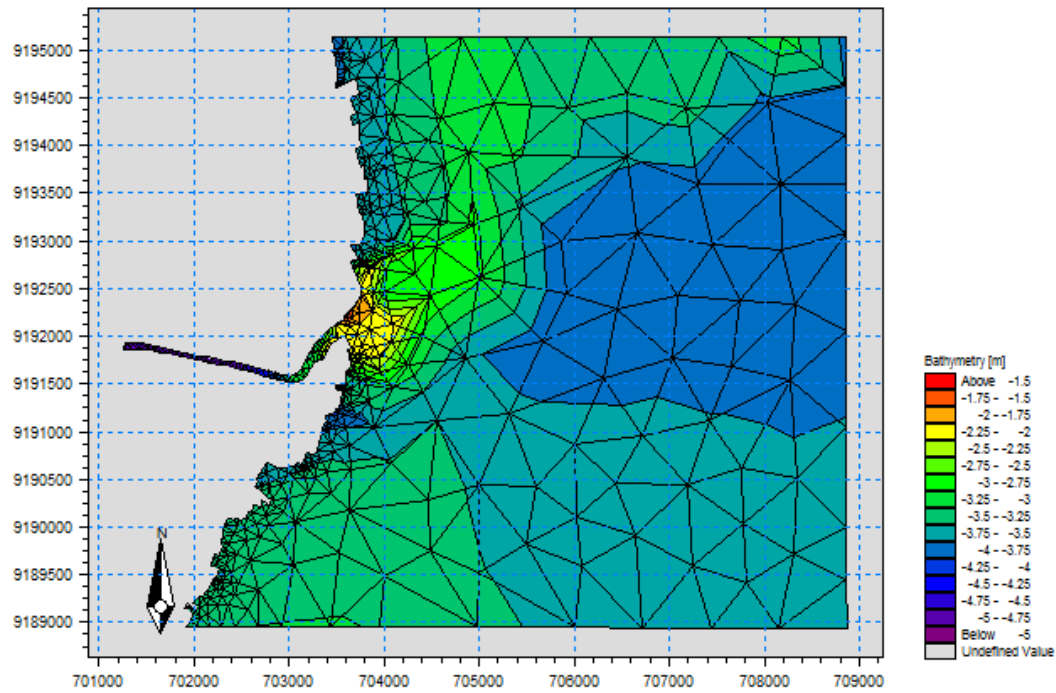
Keterangan warna:

	: Barat
	: Selatan
	: Timur
	: Utara
	: Daratan

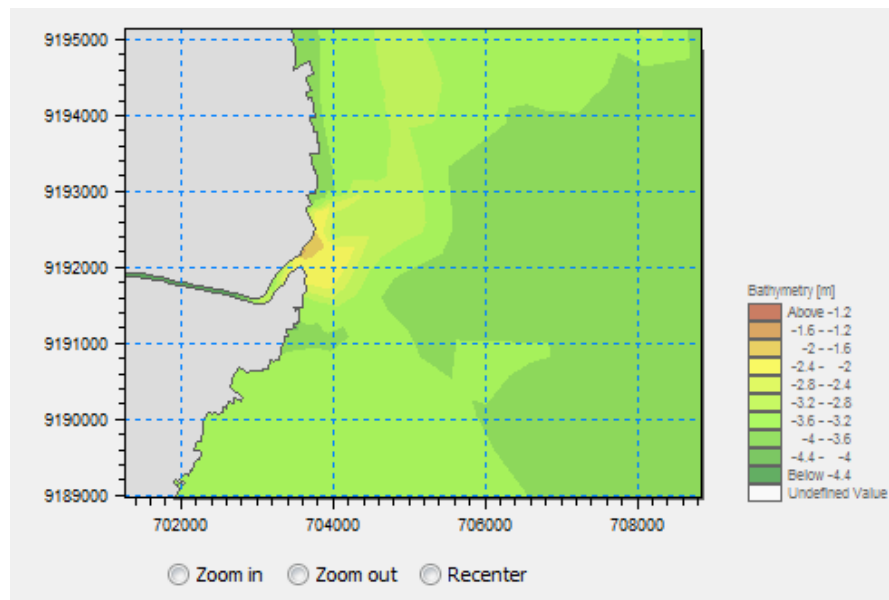
Pada kondisi batas Perairan pada model meliputi wilayah utara, timur dan selatan merupakan Perairan Laut Timur Surabaya dan pada bagian barat merupakan aliran sungai dari Sungai Jagir Wonokromo. Sementara pada kondisi daratan sendiri merupakan daratan di muara Wonorejo.

4.4.2 Model

Berikut tampilan dari model yang telah diberi batimetri:



Gambar 4.9 Tampilan batimetri pada *mesh generator*



Gambar 4.10 Tampilan batimetri pada model

4.5 Simulasi Model Hidrodinamika dan Validasi

Simulasi hidrodinamika pada model ini diberikan kondisi batas sebanyak dua buah. Diantaranya kondisi batas untuk Perairan muara, dengan diberikan input pasang surut di daerah yang sama dengan waktu 30 hari yang dimulai dari 23 Agustus 2015 sampai dengan 21 September 2015. Selain itu juga, kondisi batas aliran Sungai dengan *input discharge* Sungai yang didapatkan dengan menghitung *discharge* Sungai di wilayah tersebut. Simulasi sebanyak 4320 *time step* dengan interval 600 detik atau 10 menit.

4.5.1 Validasi

Validasi dilakukan untuk untuk mengetahui keakuratan model yang telah dibuat. Validasi model dilakukan dengan membandingkan data arus dan pasang surut dari data sekunder yang telah ada dengan data hasil simulasi pemodelan. Elemen kecepatan arus dan elevasi muka air yang berguna untuk validasi data, didapatkan dengan menggunakan program data extraction (.dxfm). Titik pengukuran arus dan pasang surut berada pada titik lima dengan koordinat $x = 704000$ dan $y = 9192291.194$

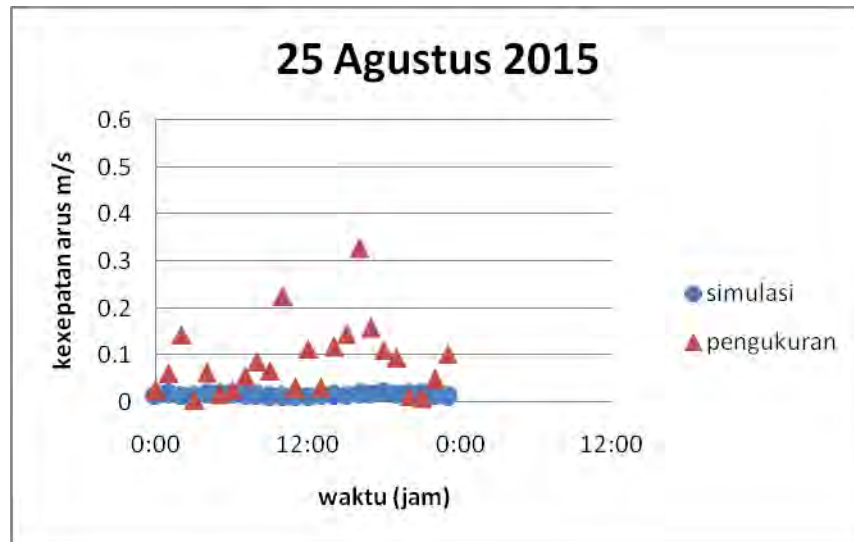
a. Arus

Data dari hasil simulasi perlu dilakukan divalidasi untuk mengetahui sejauh mana ketepatan hasil simulasi yang sudah dilakukan. Validasi ini dilakukan dengan membandingkan data kecepatan arus yang didapat dari hasil simulasi dengan data sekunder berupa pengukuran di Estuari Wonorejo, yang disesuaikan dengan waktu pengamatan dan *time step* pemodelan. Parameter yang digunakan untuk memvalidasi data arus adalah kecepatan arus hasil simulasi hidrodinamika. Diberikan tabel perbandingan kecepatan arus hasil simulasi dan data kecepatan arus sekunder yang telah didapat:

Tabel 4.2 Perbandingan kecepatan arus simulasi dan data pengukuran
skunder

Waktu		Kecepatan Arus (m/det)	
Tanggal dan jam		Data pengukuran	Hasil Simulasi
8/26/2015	0:00	0.016	0.025
	1:00	0.017	0.062
	2:00	0.017	0.144
	3:00	0.017	0.005
	4:00	0.017	0.063
	5:00	0.017	0.017
	6:00	0.018	0.027
	7:00	0.015	0.056
	8:00	0.014	0.086
	9:00	0.013	0.067
	10:00	0.012	0.225
	11:00	0.012	0.03
	12:00	0.013	0.114
	13:00	0.015	0.032
	14:00	0.015	0.117
	15:00	0.016	0.145
	16:00	0.016	0.328
	17:00	0.017	0.159
	18:00	0.019	0.111
	19:00	0.020	0.094
	20:00	0.019	0.013
	21:00	0.018	0.009
	22:00	0.016	0.05
	23:00	0.011	0.103

Berikut *scatter* perbandingan dari tabel perbandingan hasil pengukuran dan simulasi diatas terdapat pada gambar di bawah ini:



Gambar 4.11 *Scatter* diagram perbandingan kecepatan arus simulasi dan pengukuran

Untuk mengecek seberapa besar error yang terjadi. Dilakukan perhitungan kesalahan yang terjadi dengan menggunakan metode RMSE (Root Mean Square Error) dan Prosentase Kesalahan. Dan diperoleh nilai kesalahan sebagai berikut berikut:

Tabel 4.3 Nilai RMSE (*Root Mean Square Error*) dan Prosentase Kesalahan

Prosentase Kesalahan	Perhitungan RMSE
14.76%	0.11

Tabel 4.4 Perbandingan arah arus pengukuran dan model

simulasi		pengukuran	
kecepatan (m/s)	arah (rad)	arah (rad)	kecepatan (m/s)
0.016	278.9	90	0.025
0.017	283.4	270	0.062
0.017	289.6	270	0.144
0.017	294.4	270	0.005
0.017	299.3	90	0.063
0.017	304.1	270	0.017
0.018	308.8	90	0.027
0.015	315.3	90	0.056
0.014	323.9	270	0.086
0.013	335.0	270	0.067
0.012	351.7	90	0.225
0.012	8.6	90	0.03
0.013	13.0	270	0.114
0.015	12.5	90	0.032
0.015	7.2	270	0.117
0.016	353.9	270	0.145
0.016	336.5	90	0.328
0.017	318.1	270	0.159
0.019	302.1	270	0.111
0.020	292.7	270	0.094
0.019	285.3	90	0.013
0.018	281.7	270	0.009
0.016	282.6	270	0.05
0.011	296.6	270	0.103

Dari tabel 4.4 arah arus pada saat pengukuran dan simulasi memiliki kemiripan arah sebanyak 15 data dari 25 data, jadi dapat disimpulkan arah dari arus hampir sama yaitu condong ke arah barat.

b. Pasang Surut

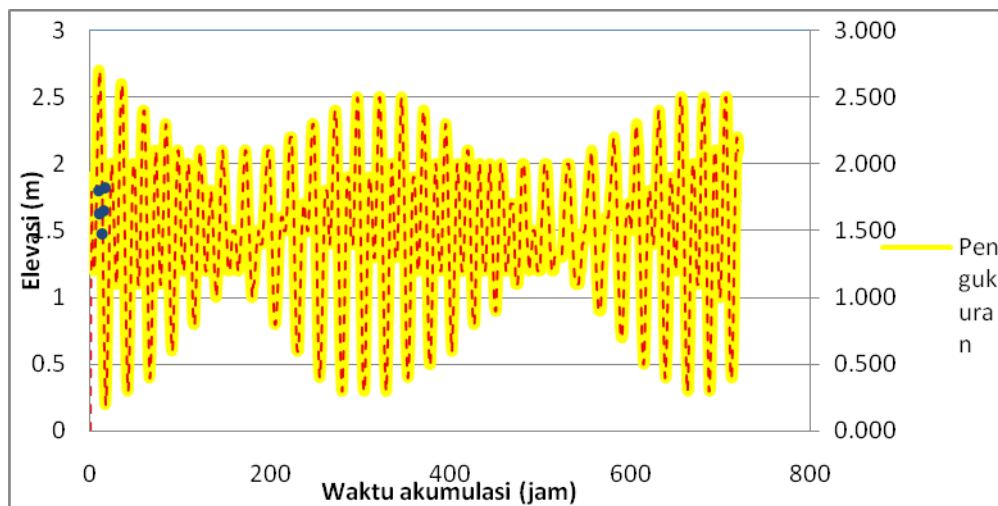
Validasi pasang surut dilakukan dengan membandingkan data ketinggian elevasi muka Perairan yang didapat dari hasil simulasi dengan data sekunder berupa pengukuran di Estuari Wonorejo, yang disesuaikan dengan waktu pengamatan dan *time step* pemodelan. Kemudian dilakukan perhitungan kesalahan yang terjadi dengan

menggunakan metode RMSE (*Root Mean Square Error*) dan prosentase kesalahan diberikan tabel perbandingan elevasi muka air hasil simulasi dan data kecepatan arus sekunder yang telah didapat beserta koreksi dengan metode RMSE (*Root Mean Square Error*) dan prosentase kesalahan:

Tabel 4.5 Perbandingan pasang surut simulasi dan data pengukuran sekunder

Pasang Surut Rata-rata (m)		Prosentase Kesalahan	Perhitungan RMSE
Data pengukuran	Hasil Simulasi		
1.5000	1.4980	0.18%	0.07

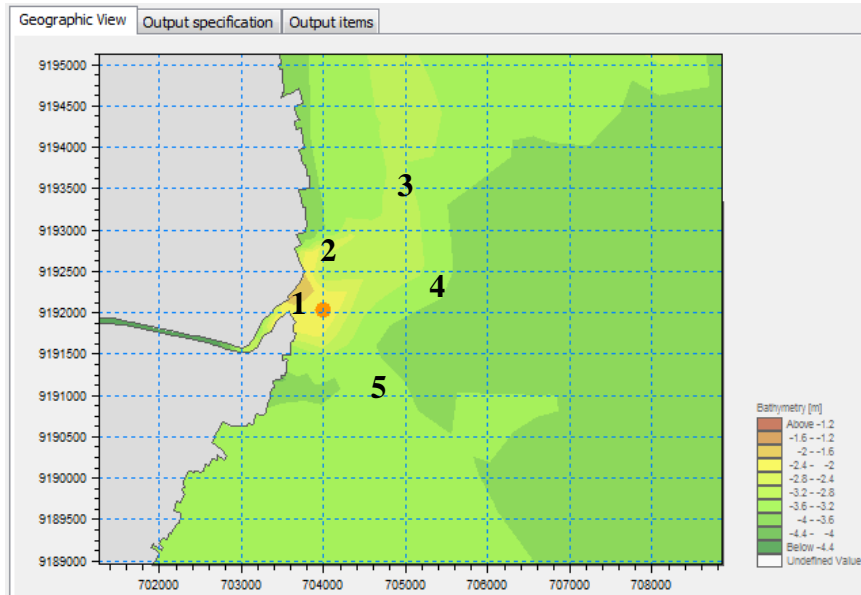
Berikut grafik perbandingan dari elevasi pasang surut hasil pengukuran dan simulasi diatas terdapat pada gambar di bawah ini:



Gambar 4.12 Grafik perbandingan pasang surut simulasi dan pengukuran

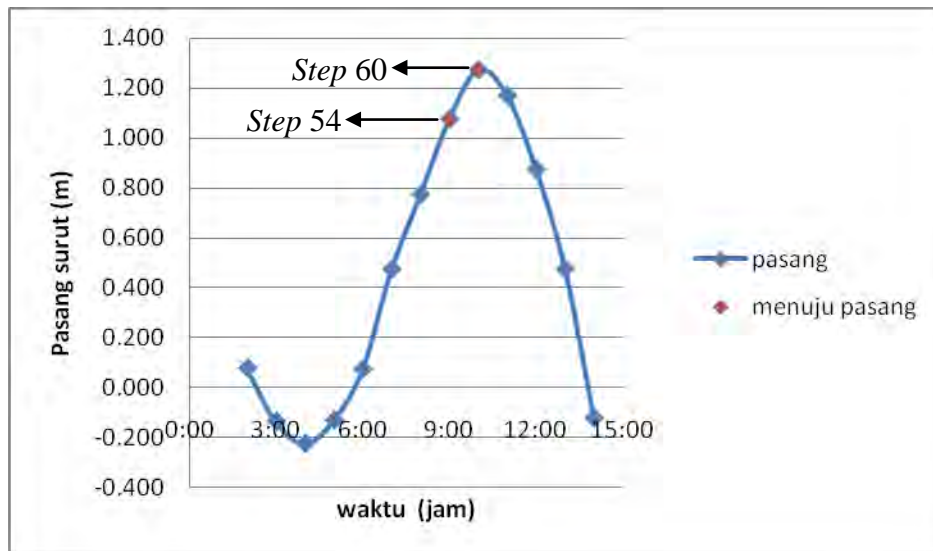
4.5.2 Analisa Pola Arus

Hasil pemodelan hidrodinamika yang disimulasi melalui *software*, berupa aliran arus yang diamati saat pasang tertinggi dan surut terendah. Titik pengamatan dilakukan pada 5 titik di daerah muara.



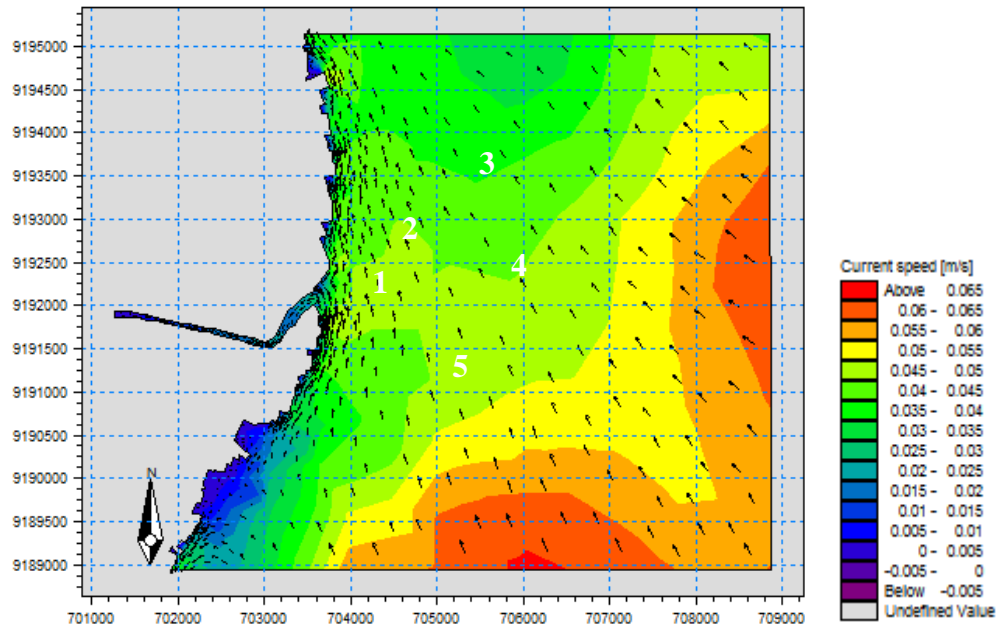
Gambar 4.13 Gambar titik tinjau pengamatan arus

Berikut ini adalah penjelasan aliran arus pada saat menuju pasang dan pasang tertinggi:



Gambar 4.14 Grafik saat akan pasang tertinggi pada 23 Agustus 2015

Pola aliran arus diambil pada saat akan pasang tertinggi sampai dengan puncak pasang tertinggi. Pada grafik di atas terlihat rangkaian perjalanan saat akan pasang tertinggi yang dimulai dari *time step* 54 berlanjut hingga ke pasang tertinggi dengan *time step* 60 yang ditandai dengan titik berwarna merah. Cupilkan aliran arus terlihat seperti gambar di bawah ini:

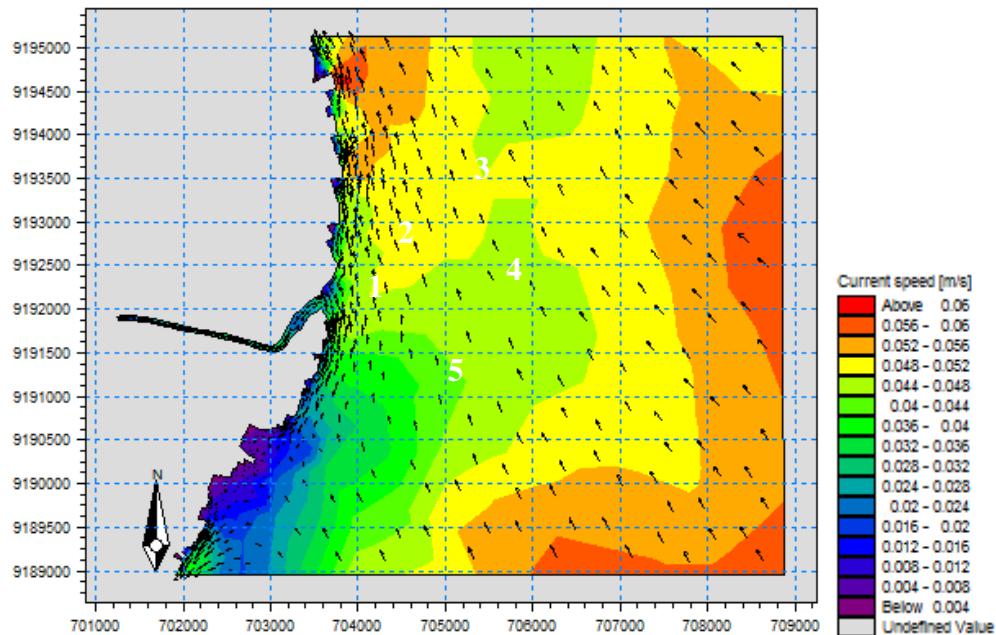


Gambar 4.15 Hasil simulasi pemodelan model pada *time step* 54

Tabel 4.6 Analisa pola aliran arus pada *step* 54

titik pengamatan	kecepatan (m/s)	arah (rad)
1	0.029	275.29
2	0.044	345.45
3	0.04	333.29
4	0.045	334.84
5	0.045	307.05
rata-rata	0.0406	

Pada Tabel 4.6 terlihat bahwa arus pada daerah muara dominan menuju ke arah barat laut atau juga bisa di bilang arus menuju daratan dan muara. Kecepatan arus pada *time step* 54 memiliki kecepatan rata-rata sebesar 0.0406 m/s



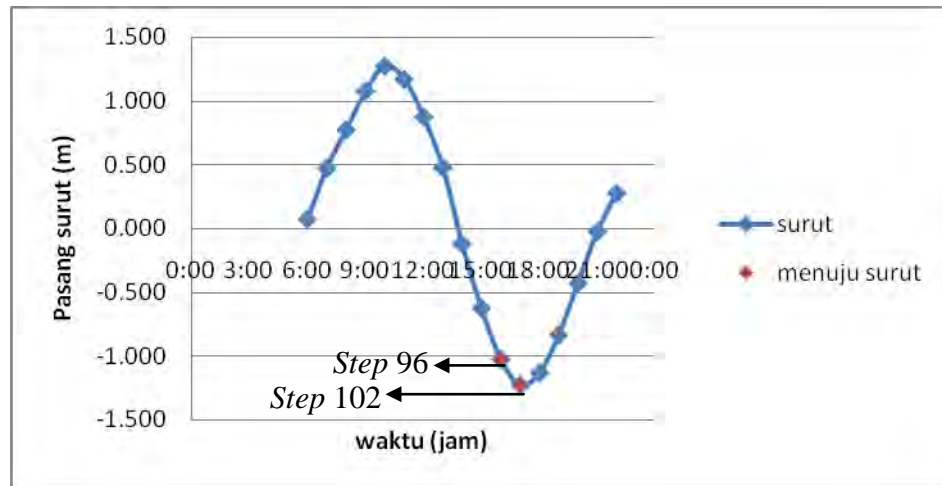
Gambar 4.16 Hasil simulasi pemodelan model pada *time step* 60

Tabe 4.7 Analisa pola aliran arus pada *step* 60

titik pengamatan	kecepatan (m/s)	arah (rad)
1	0.29	255.24
2	0.048	347.12
3	0.048	338.78
4	0.047	335.91
5	0.044	343
rata-rata	0.0954	

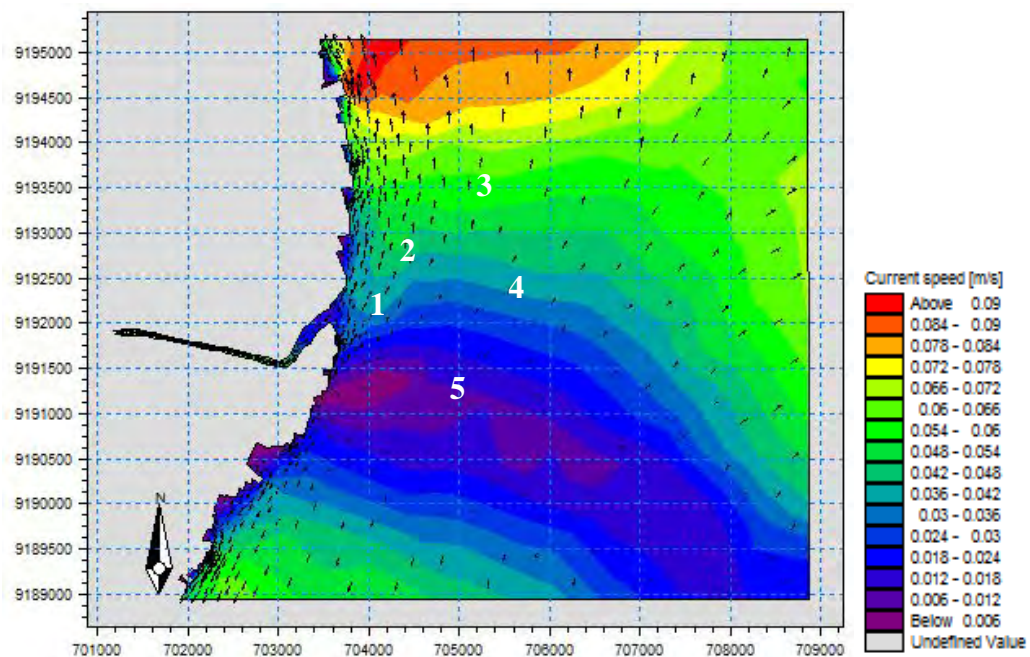
Gambar 4.16 diatas merupakan cuplikan dari hasil simulasi yang berada pada *time step* 60 merupakan hasil simulasi data yang berada pada kondisi pasang tertinggi. Terlihat pada gambar diatas aliran pasang sudah mulai mereda dan arah aliran terus berjalan ke darat dan ke Sungai. Simpulan dari kedua cuplikan simulasi ini, arah aliran arus yang berada di wilayah Perairan Muara Sungai Wonokromo pada saat menuju dan dipasang tertinggi menunjukkan aliran yang mengalir dari lautan menuju ke darat. Kecepatan arus rata-rata saat *time step* 60 ini adalah 0,095 m/s. Selain keadaan saat pasang tertinggi, keadaan saat surut terendah juga dianalisa.

Berikut ini adalah penjelasan dari keadaan aliran saat akan surut sampai dengan surut terendah.



Gambar 4.17 Grafik saat akan surut terendah pada 23 Agustus 2015

Pola aliran arus diambil pada saat akan surut terendah sampai dengan saat surut paling rendah. Pada grafik di atas terlihat rangkaian perjalanan saat akan surut terendah yang dimulai dari *time step* 96 berlanjut hingga ke pasang tertinggi dengan *time step* 102 yang ditandai dengan titik berwarna merah. Cupilkan aliran arus terlihat seperti gambar di bawah ini:

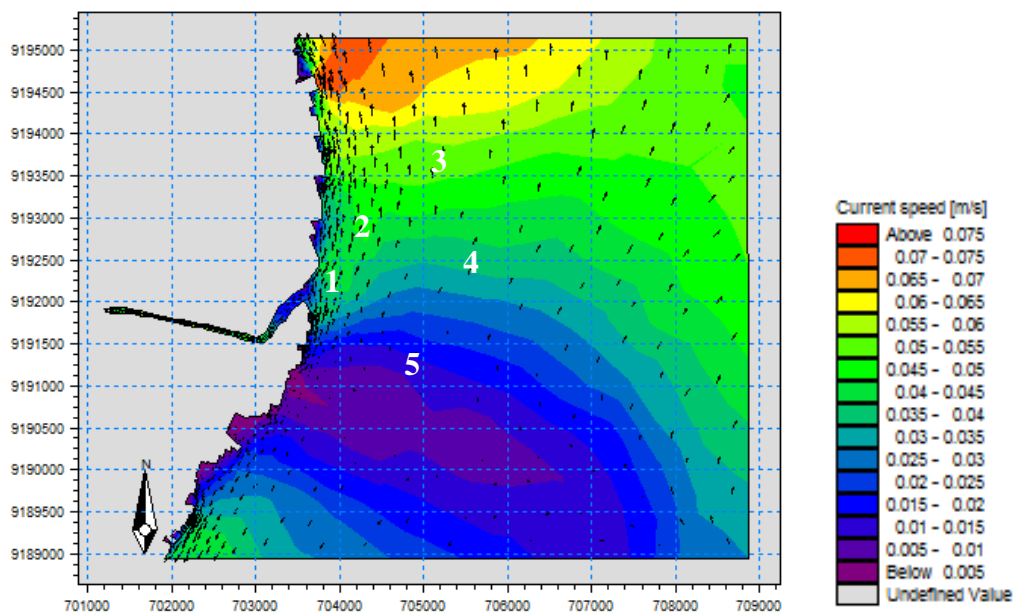


Gambar 4.18 Hasil simulasi pemodelan model pada *time step* 96

Tabel 4.8 Analisa pola aliran arus pada *step* 96

titik pengamatan	kecepatan (m/s)	arah (rad)
1	0.019	174.28
2	0.039	21.11
3	0.041	18.14
4	0.028	28.16
5	0.007	123.09
rata-rata	0.0268	

Pada Tabel 4.8 terlihat bahwa arus pada daerah muara menuju ke arah barat daya dan timur laut atau juga bisa di bilang arus menuju daratan dan muara. Kecepatan arus pada *time step* 54 memiliki kecepatan rata-rata sebesar 0,0268 m/s



Gambar 4.19 Hasil simulasi pemodelan model pada *time step* 102

Tabel 4.9 Analisa pola aliran arus pada *step* 102

titik pengamatan	kecepatan (m/s)	arah (rad)
1	0.024	97.79
2	0.041	13.71
3	0.041	26.8
4	0.03	18.2
5	0.012	143.37
rata-rata	0.0296	

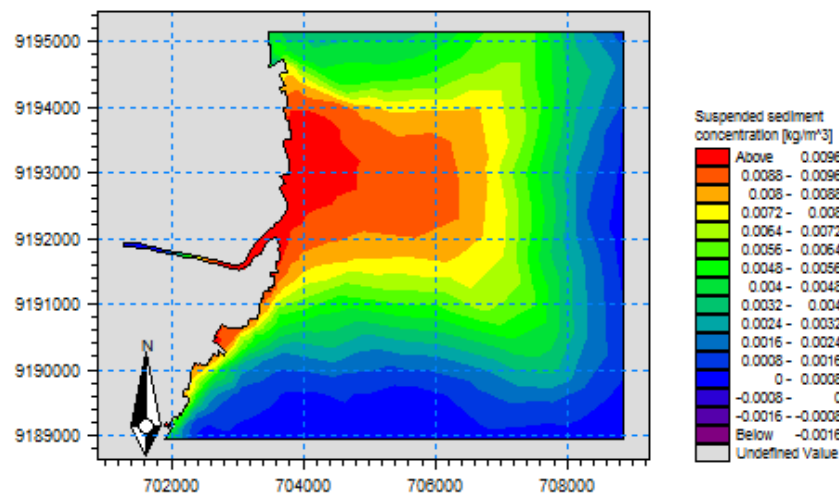
Gambar 4.19 di atas merupakan cuplikan hasil simulasi yang berada pada *time step* 102 merupakan hasil simulasi data yang berada pada kondisi surut terendah. Terlihat pada gambar di atas aliran surut sudah mulai mereda dan arah aliran terus berjalan ke laut. Disimpulkan dari kesemua cuplikan simulasi ini, arah aliran arus yang berada di wilayah Perairan muara Sungai Wonokromo pada saat menuju dan di surut terendah menunjukkan aliran yang mengalir dari daratan ke lautan. Kecepatan arus rata-rata saat *time step* 102 ini adalah 0,0296 m/s. Diambil titik tinjauan di mulut muara.

4.6 Hasil Pemodelan Sebaran Sedimen

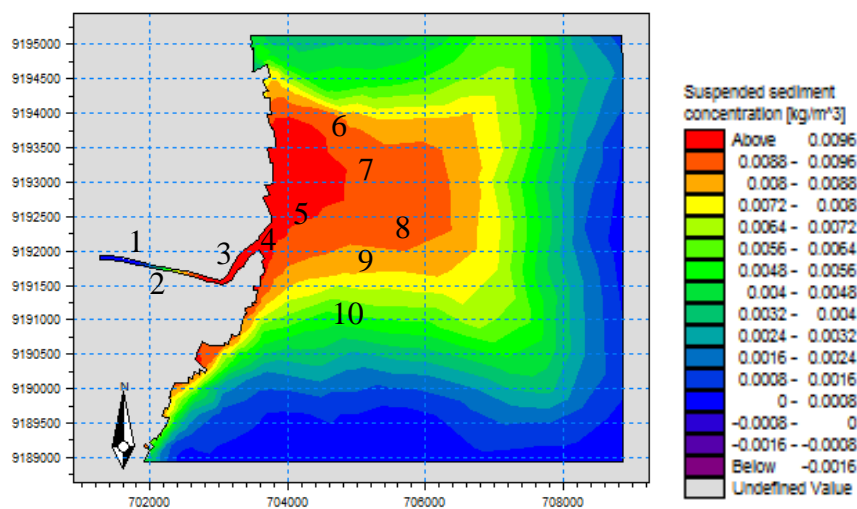
Validasi hidrodinamika telah disimulasikan dan mendapatkan hasil yang baik, maka dapat dilanjutkan mensimulasikan pergerakan sedimen. Sebaran sedimentasi sangat berpengaruh pada penyebaran arus. Simulasi ini dilakukan untuk mengetahui pola penyebaran sedimen yang terjadi. Hasil dari simulasi penyebaran sedimen ini adalah pola sebaran sedimen dengan kondisi saat menuju pasang, pasang tertinggi, mulai surut dan surut terendah, dan perubahan dasar Perairan. Pada simulasi transpor sedimen ini dipilih modul transpor sedimen lumpur karena di wilayah ini memiliki ukuran butir D_{50} dengan karakteristik lanau dan dengan pendekatan formula Engelund-Hansen yang menghitung total *load* transportasi sedimen. Sebelumnya, dilakukan pengambilan pada sepuluh titik sampel tanah dasar Sungai pada daerah studi. Diambil rata-rata nilai butiran sedimen untuk memudahkan simulasi transpor sedimen.

4.6.1 Analisa Pola Penyebaran Sedimen

Hasil simulasi sebaran sedimen yang dibantu dengan *software* menghasilkan nilai konsentrasi sedimen dan perubahan profil dasar Perairan (*bed level change*). Sebaran sedimentasi sangat tergantung pada besarnya kecepatan dan pola arus yang terjadi pada daerah tersebut. Analisa sebaran sedimen dibawah ini diamati saat kondisi saat akan pasang, pasang tertinggi, saat akan surut dan surut terendah. Berikut ini pada gambar 4.20 sampai dengan 4.23 disajikan hasil simulasi penyebaran sedimen.



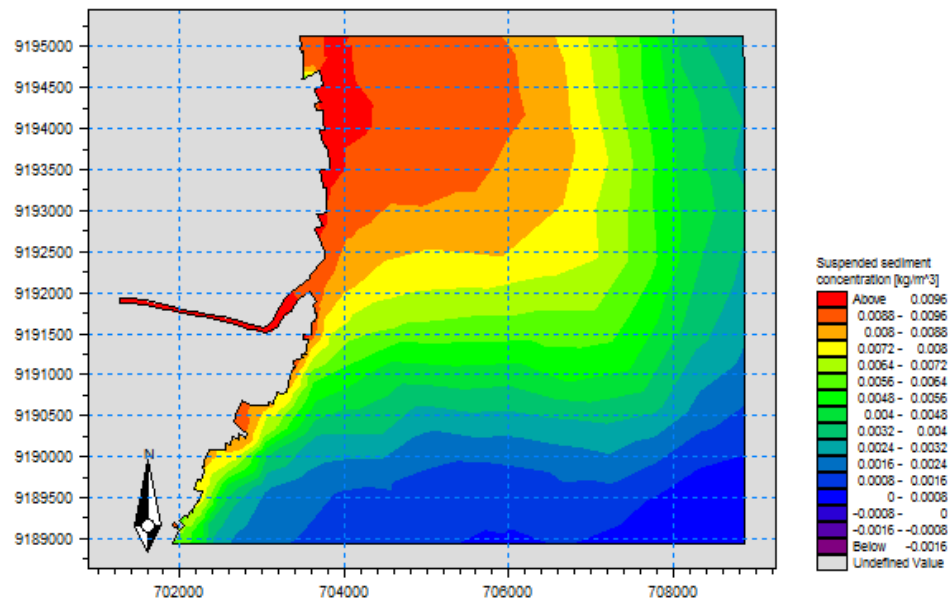
Gambar 4.20 Pola sebaran sedimen di Muara Sungai Wonokromo saat pasang tertinggi



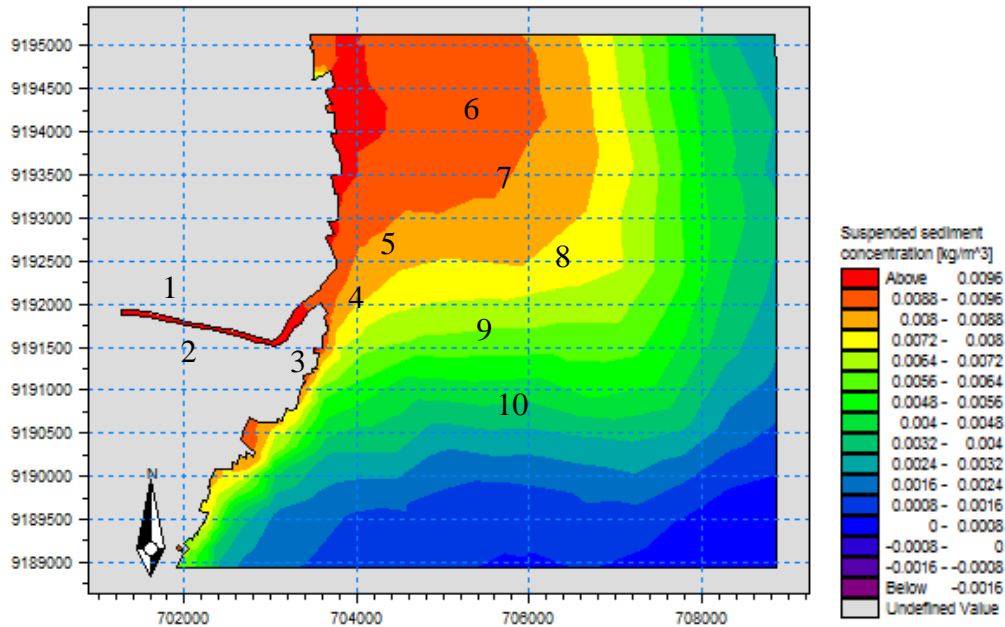
Gambar 4.21 Titik pengukuran sebaran sedimen di Muara Sungai Wonokromo saat pasang tertinggi

Tabel 4.10 Hasi pengukuran sebaran sedimen pasang tertinggi

titik	kosentrasi sedimen kg/m ³
1	0.0008
2	0.0010
3	0.0099
4	0.0099
5	0.0098
6	0.0070
7	0.0087
8	0.0090
9	0.0085
10	0.0065
rata-rata	0.0071



Gambar 4.22 Pola sebaran sedimen di Muara Sungai Wonokromo saat surut terendah



Gambar 4.23 Titik pengukuran sebaran sedimen di Muara Sungai Wonokromo saat surut terendah

Tabel 4.11 Hasil pengukuran sebaran sedimen surut terendah

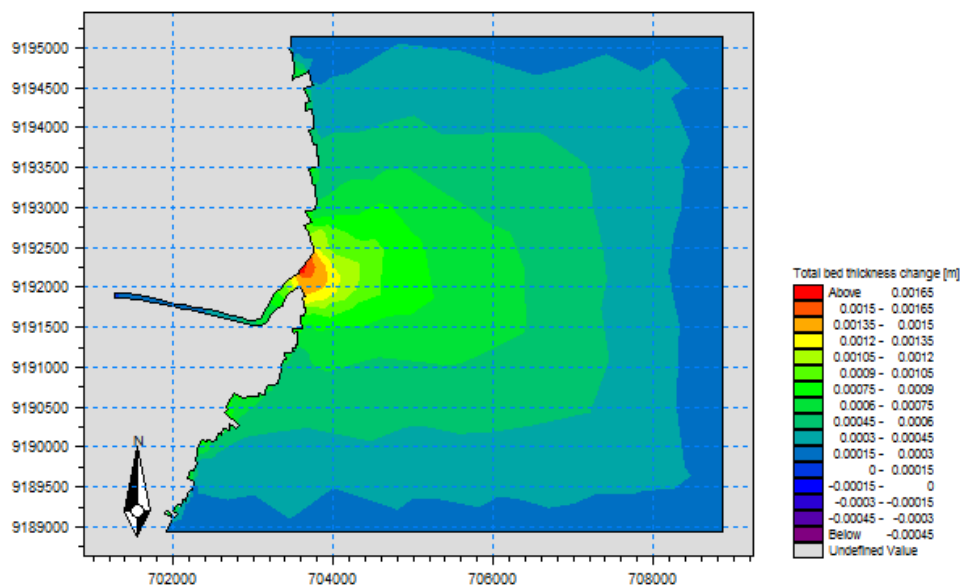
titik	kosentrasi sedimen kg/m ³
1	0.0099
2	0.0099
3	0.0098
4	0.0093
5	0.0090
6	0.0090
7	0.0089
8	0.0087
9	0.0069
10	0.0054
rata-rata	0.0087

Pada simulasi sebaran sedimen ini diasumsikan sedimen berasal dari material yang terbawa aliran Sungai. Didapatkan nilai konsentrasi sedimen rata-rata saat pasang adalah 7.1 gr/m³ dan saat surut adalah 8.7 gr/m³. Simulasi

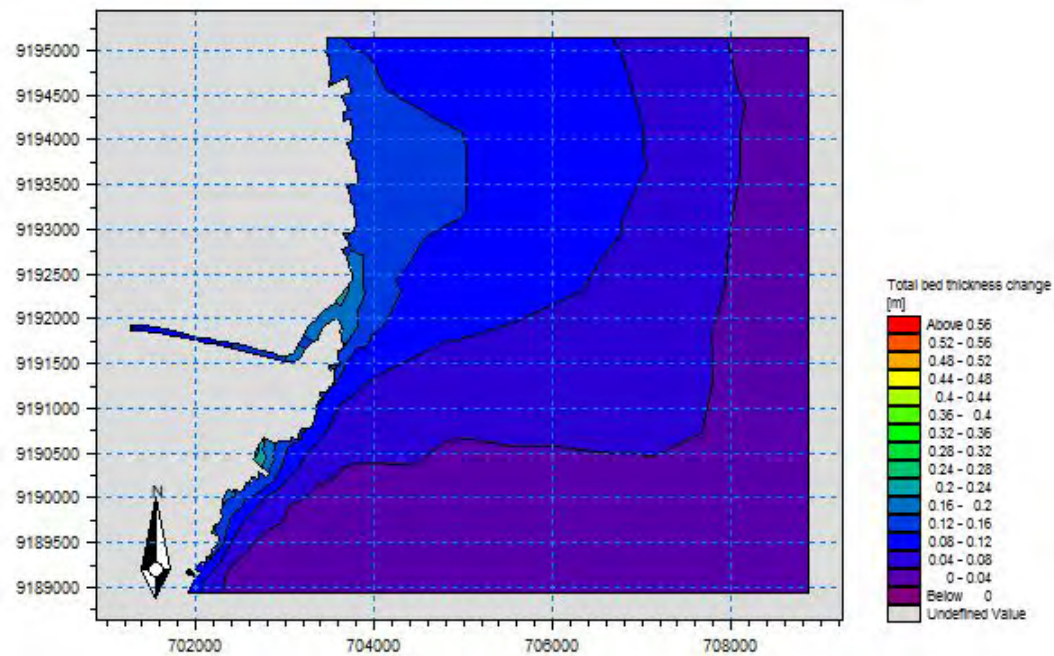
transpor sedimen pada beberapa kondisi seperti pada Gambar 4.20 sampai dengan 4.23 di atas, sebaran sedimen dipengaruhi oleh pola arus yang dibangkitkan oleh pasang surut. Saat kondisi akan pasang dan pasang tertinggi terlihat arus akan bergerak memasuki muara menuju hulu Sungai, sedimen cenderung tertahan oleh arus di bagian hulu dan akhirnya mengendap didaerah muara. Sedangkan pada saat kondisi akan surut dan surut tertinggi, terlihat aliran arus akan bergerak menuju lautan dan sedimen juga bergerak mengikuti aliran arus. Sehingga sedimen dapat bergerak secara maksimal sampai menuju keluar muara dan akhirnya mengendap didaerah tersebut.

4.6.2 Analisa Perubahan Morfologi Dasar Perairan

Hasil simulasi sebaran sedimen pada *software* yang dapat digunakan untuk analisa perubahan profil dasar Perairan adalah nilai dari *bed level*. Terdapat perubahan pada *bed level* saat *time step* terakhir. Berikut perbandingannya:



Gambar 4.24 *Bed level time step 0*



Gambar 4.25 *Bed level time step 4320*

Perubahan profil dasar Perairan dapat sewaktu-waktu berubah karena adanya proses sedimentasi atau pendangkalan. Sedimentasi atau pendangkalan terbentuk karena adanya pergerakan arus, gelombang dan pasang surut yang selalu terjadi terus menerus. Pada studi ini dilakukan pengamatan perubahan profil dasar Perairan. Pengamatan dilakukan di muara dan badan sungai tempat dimana dilakukan pengambilan sampel sedimen. Berdasarkan nilai *bed level* dari hasil simulasi didapatkan perubahan dasar Perairan di lokasi tersebut. Berikut ini perubahan profil dasar Perairan di sekitar muara dan badan Sungai. Diambil tujuh area luasan.

Keterangan koordinat luasan analisa pemodelan:

Tabel 4.12 Koordinat luasan garis analisa pemodelan *bed level* dalam satuan UTM

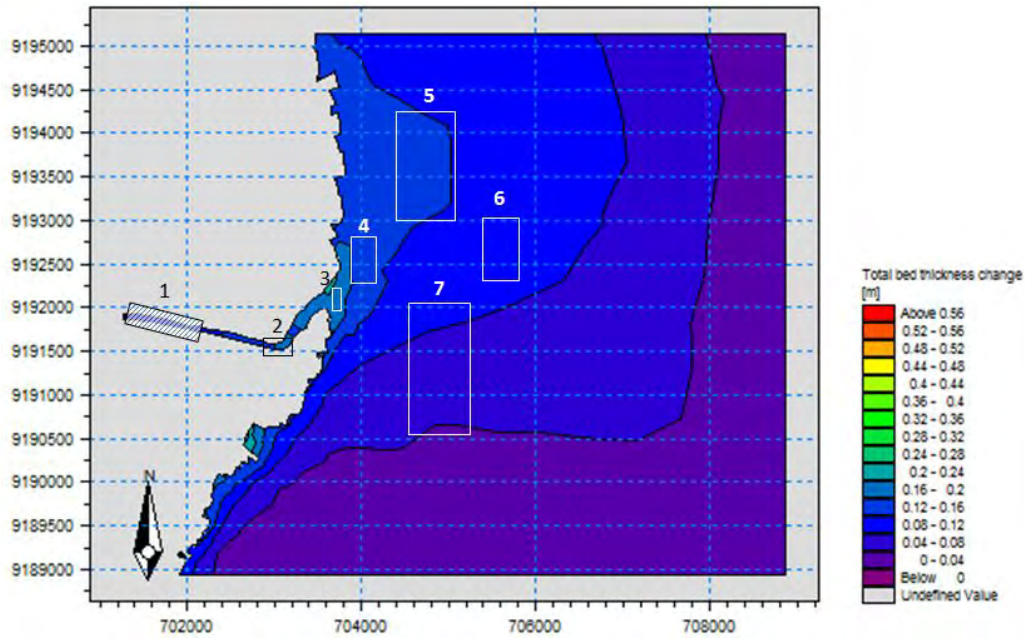
Luasan	KOORDINAT A		KOORDINAT B		KOORDINAT C		KOORDINAT D	
	X	Y	x	Y	x	Y	x	y
1	701337.6	9191728	702143.3	9191774	701321.4	9191869	702143.3	9191728
2	702763.6	9191728	703218.1	9191637	702763.6	919500	703218.1	919500
3	703651.7	9192287	703803.3	9192308	703651.7	9191994	703803.3	9191994
4	703804.3	9192727	704161.4	9192727	703804.3	9192107	704161.4	9192107
5	704324.2	9194290	705027.1	9194290	704324.2	9192961	705027.1	9192961
6	705379.5	9193063	705798.7	9193063	705379.5	9192256	705798.7	9192256
7	704457.2	9192090	705228.6	9192090	704457.2	9190564	705228.6	9190564

Berikut perubahan profil dasar Perairan yang ditunjukkan oleh luasan analisa pemodelan di atas pada kondisi akhir simulasi:

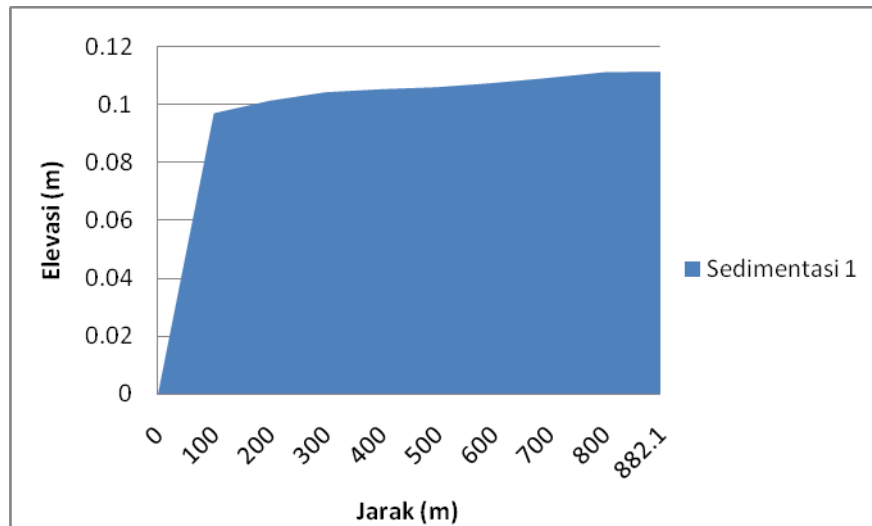
A. Daerah Sungai

a. Luasan 1

Koordinat Luasan 1 yaitu A (701337.58;9191728.29), B (702143.26;9191773.79), C (701321.44;9191869.18) dan D (702143.26;9191728.29) menghasilkan perubahan profil dasar Perairan seperti di bawah ini.



Gambar 4.26 Posisi luasan 1



Gambar 4.27 Perubahan permukaan dasar sepanjang Luaasan 1, kondisi pada akhir simulasi

Profil Perairan dasar Luasan 1 mengalami penambahan ketinggian dasar permukaan sebesar 0 meter hingga 0.11 meter. Untuk mengetahui seberapa besar volume sedimentasi yang terjadi, dengan menggunakan Surfer 12, digunakan data *bed level change*

dari hasil pemodelan Mike 21 *mud transport* yang kemudian dimodelkan dengan metode integrasi volume *cut and fill* sehingga volume sedimen (net volume) dapat diketahui.

Profil Perairan dasar Luasan 1 mengalami penambahan ketinggian dasar permukaan sebesar 0 meter hingga 0.11 meter. Untuk mengetahui seberapa besar volume sedimentasi yang terjadi, dengan menggunakan Surfer 12, digunakan data *bed level change* dari hasil pemodelan Mike 21 *mud transport* yang kemudian dimodelkan dengan metode integrasi volume *cut and fill* sehingga volume sedimen (net volume) dapat diketahui.

Tabel 4.13 Hasil perhitungan volume dari Grid Volume
Luasan 1

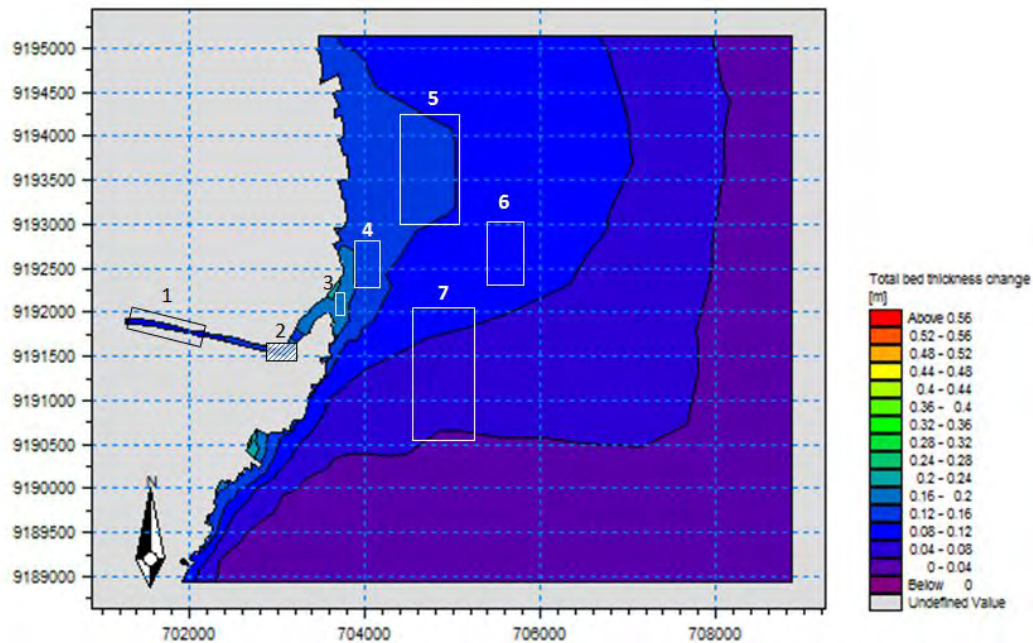
<i>Volume Report</i>	m^3
<i>Total Voumes by:</i>	
<i>Trapezoidal Rule:</i>	17381.07623
<i>Simpson's Rule:</i>	17381.05661
<i>Simpson's 3/8 Rule:</i>	17381.05893
<i>Cut & Fill Volume:</i>	
<i>Positive Volume (Cut)</i>	17381.08165
<i>Negative Volumes (Fill)</i>	0
<i>Net Volumes (Cut-Fill)</i>	17381.08165
<i>Dominan</i>	Sedimentasi

Dilihat dari tabel di atas, daerah ini cenderung mengalami sedimentasi yang ditandai dengan lebih besarnya nilai volume *cut* dari pada nilai volume *fill*. Didapatkan volume sebesar 17381.08 m^3 pada Luasan 1.

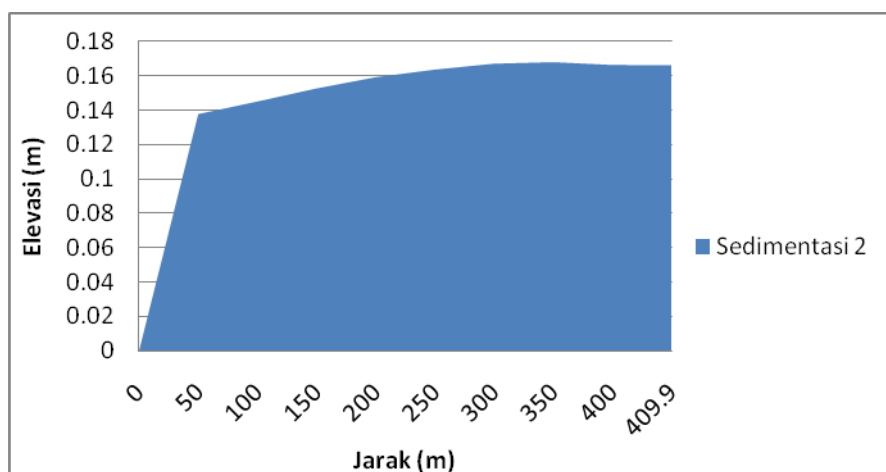
b. Luasan 2

Koordinat Luasan 2 yaitu A (702763.63;9191637.06), B (703218.11;9191637.06), C (702763.63;919500) dan D

(703218.11;919500) menghasilkan perubahan profil dasar Perairan seperti di bawah ini.



Gambar 4.28 Posisi luasan 2



Gambar 4.29 Perubahan permukaan dasar sepanjang Luaasan 2, kondisi pada akhir sumulasi

Profil Perairan dasar pada Luasan 2 mengalami penambahan ketinggian dasar permukaan sebesar 0 meter hingga 0.17 meter. Untuk mengetahui seberapa besar volume sedimentasi yang terjadi, dengan

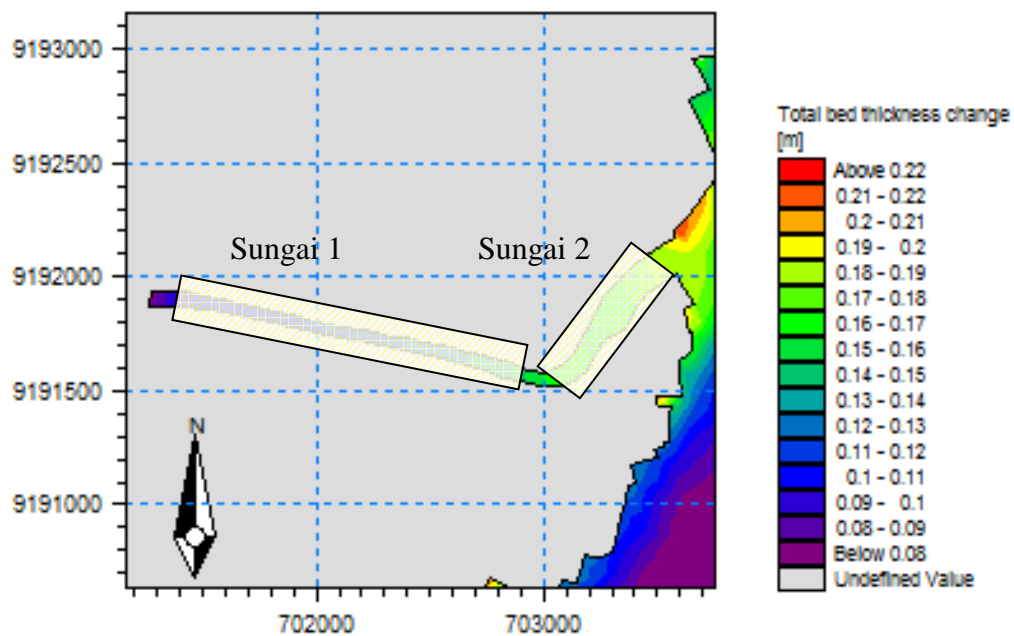
menggunakan Surfer 12, digunakan data *bed level change* dari hasil pemodelan Mike 21 *mud transport* yang kemudian dimodelkan dengan metode integrasi volume *cut and fill* sehingga volume sedimen (net volume) dapat diketahui.

Tabel 4.14 Hasil perhitungan volume dari Grid Volume
Luasan 2

<i>Volume Report</i>	m^3
<i>Total Voumes by:</i>	
<i>Trapezoidal Rule:</i>	6337.228581
<i>Simpson's Rule:</i>	6337.259342
<i>Simpson's 3/8 Rule:</i>	6337.257034
<i>Cut & Fill Volume:</i>	
<i>Positive Volume (Cut)</i>	6337.233956
<i>Negative Volumes (Fill)</i>	0
<i>Net Volumes (Cut-Fill)</i>	6337.233956
<i>Dominan</i>	Sedimentasi

Dilihat dari tabel di atas, daerah ini cenderung mengalami sedimentasi yang ditandai dengan lebih besarnya nilai volume *cut* dari pada nilai volume *fill*. Didapatkan volume sebesar 6337.23 m^3 pada Luasan 2.

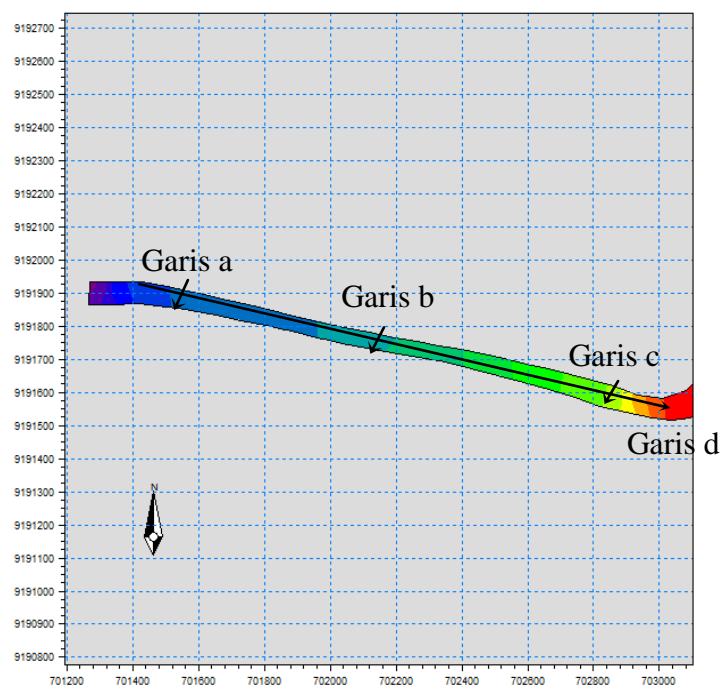
Perubahan morfologi dasar pada perairan sungai secara menyeluruh dapat kita amati dengan cara memodelkan kedalaman perairan dan mengakumulasikannya dengan penambahan *bed level change*. Untuk mengetahui saya membagi lokasi perairan sungai menjadi dua wilayah. Dan masing-masing wilayah saya berikan garis bantu untuk mengetahui perubahan kedalamannya. Untuk lebih jelasnya lihat Gambar 4.30 sampai Gambar 4.40 berikut.



Gambar 4.30 Analisa morfologi perairan sungai

a. Sungai 1

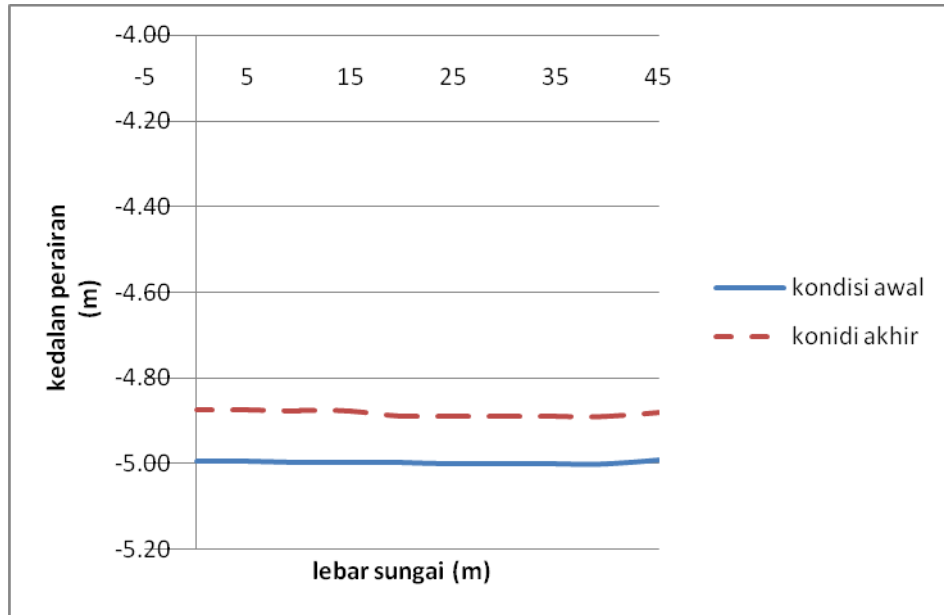
Pada Sungai 1 saya kan meninjau perubahan morfologi pada 4 garis berikut:



Gambar 4.31 Analisa perubahan morfologi Sungai 1 berdasarkan garis

- Garis a

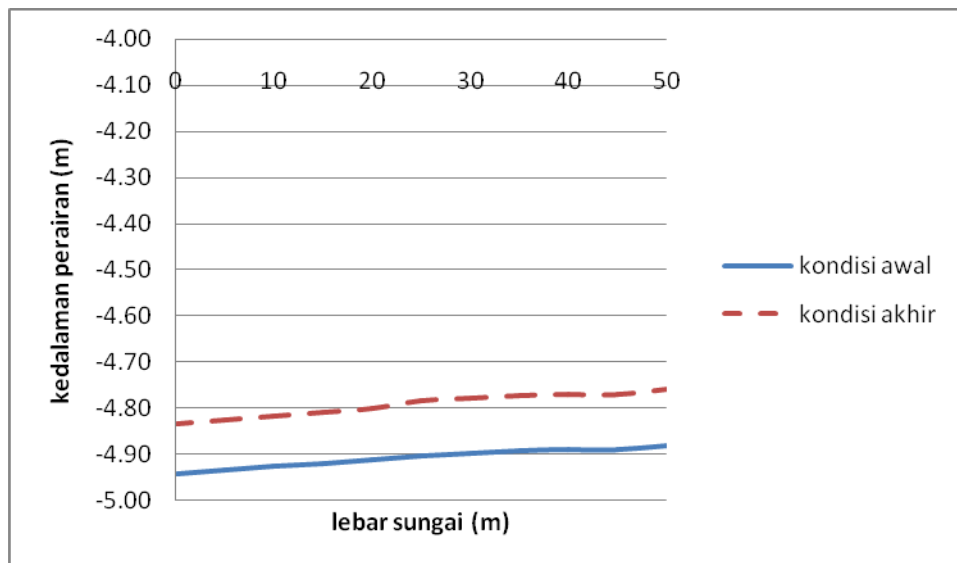
Perubahan morfologi dasar perairan pada garis a sebagai berikut:



Gambar 4.32 Grafik perubahan kedalaman pada Garis a

- Garis b

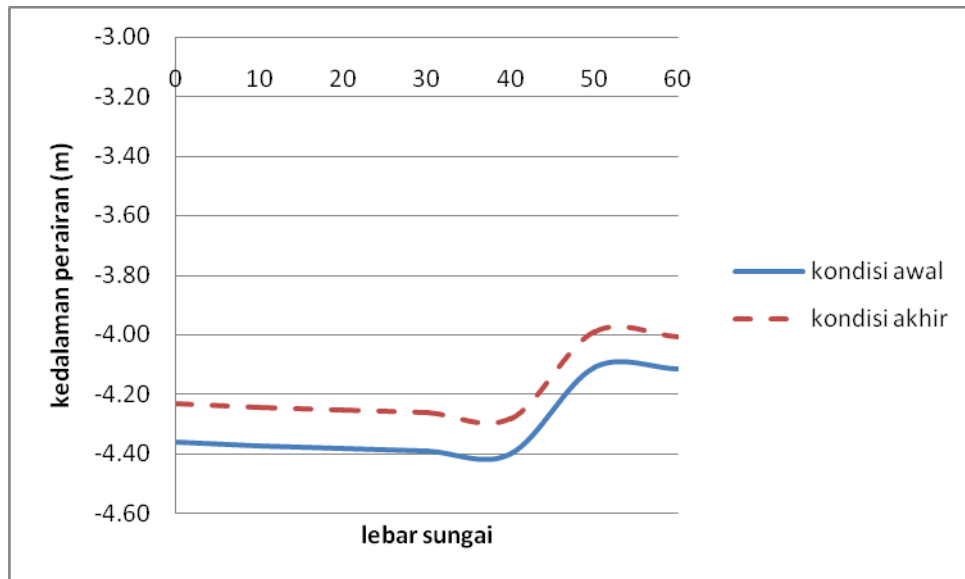
Perubahan morfologi dasar perairan pada garis b sebagai berikut:



Gambar 4.33 Grafik perubahan kedalaman pada Garis b

- Garis c

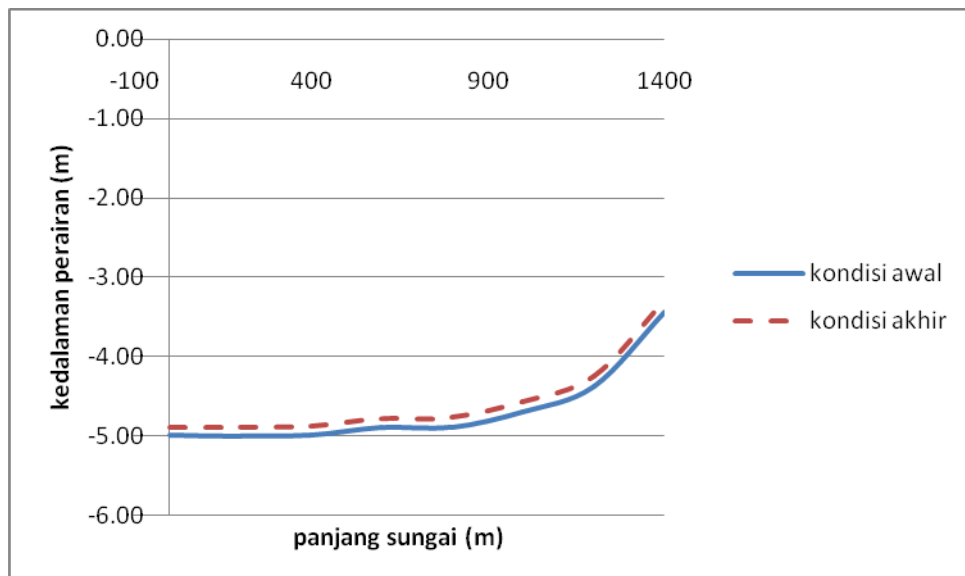
Perubahan morfologi dasar perairan pada garis c sebagai berikut:



Gambar 4.34 Grafik perubahan kedalaman pada Garis c

- Garis d

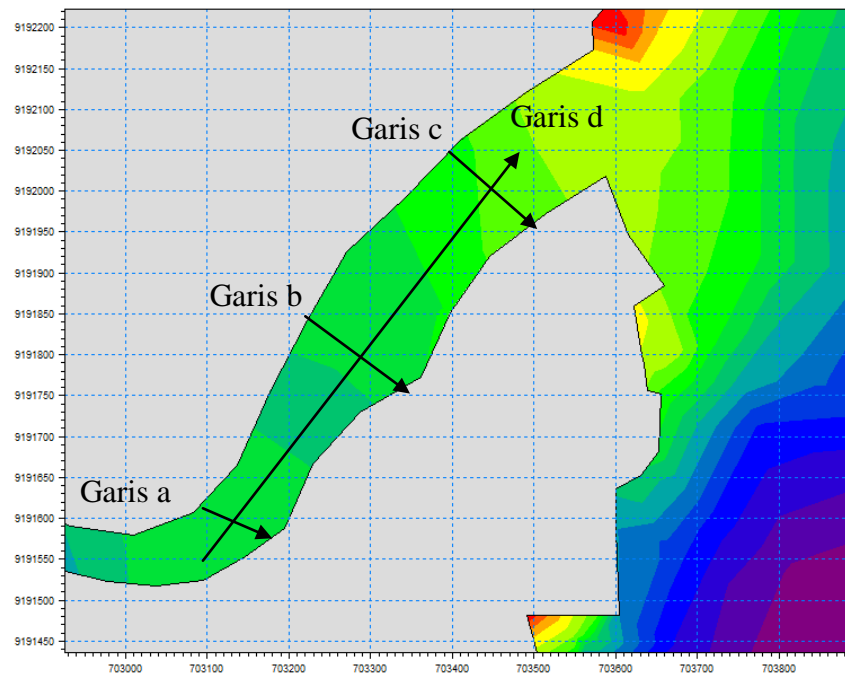
Perubahan morfologi dasar perairan pada garis d sebagai berikut:



Gambar 4.35 Grafik perubahan kedalaman pada Garis d

b. Sungai 2

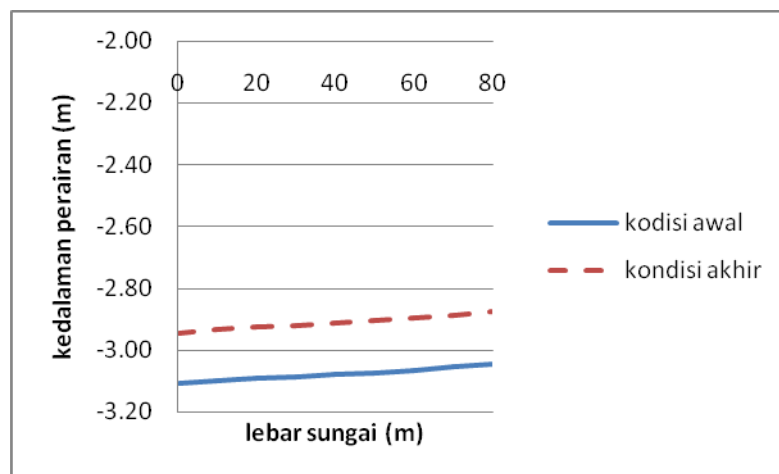
Pada Sungai 2 saya kan meninjau perubahan morfologi pada 4 garis berikut:



Gambar 4.36 Analisa perubahan morfologi Sungai 2 berdasarkan garis

- Garis a

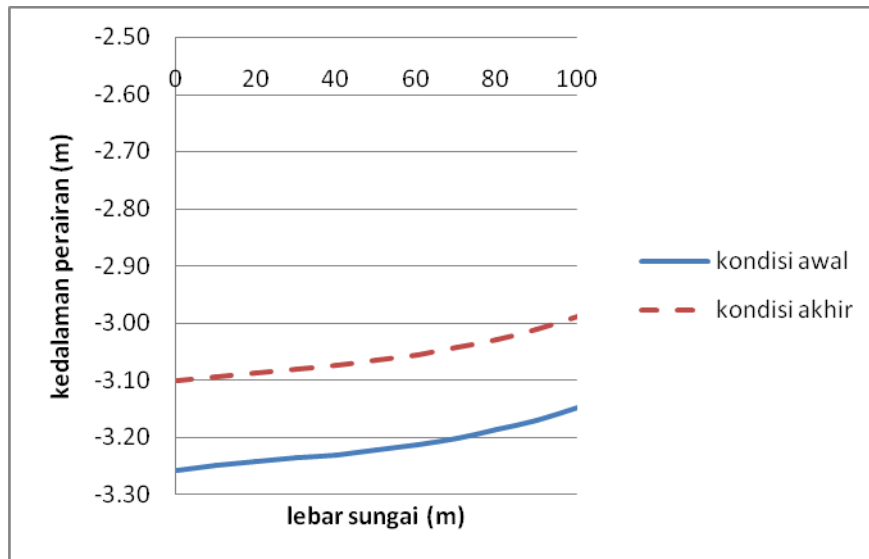
Perubahan morfologi dasar perairan pada garis a sebagai berikut:



Gambar 4.37 Grafik perubahan kedalaman pada Garis a

- Garis b

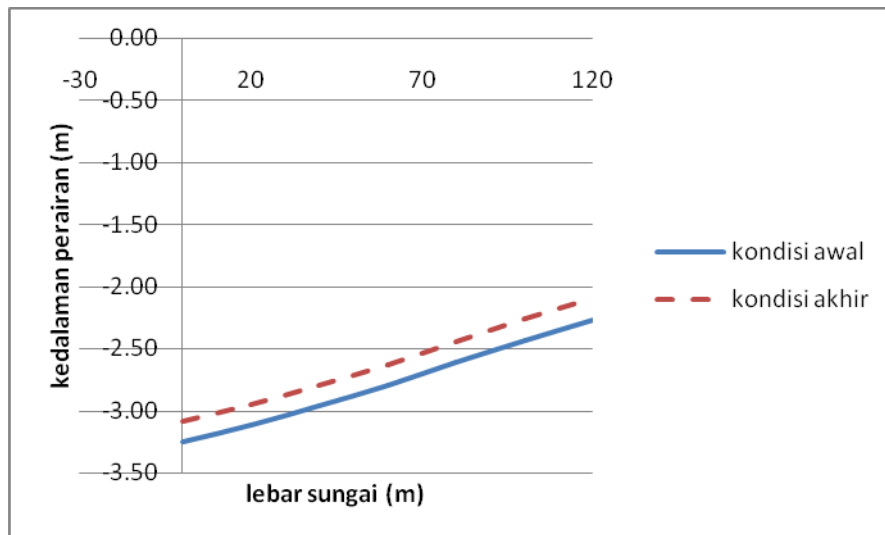
Perubahan morfologi dasar perairan pada garis b sebagai berikut:



Gambar 4.38 Grafik perubahan kedalaman pada Garis b

- Garis c

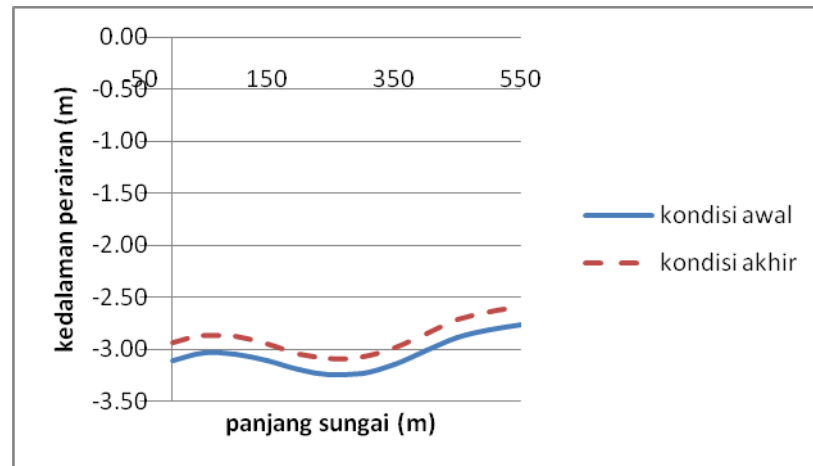
Perubahan morfologi dasar perairan pada garis c sebagai berikut:



Gamba 4.39 Grafik perubahan kedalaman pada Garis c

- Garis d

Perubahan morfologi dasar perairan pada garis d sebagai berikut:

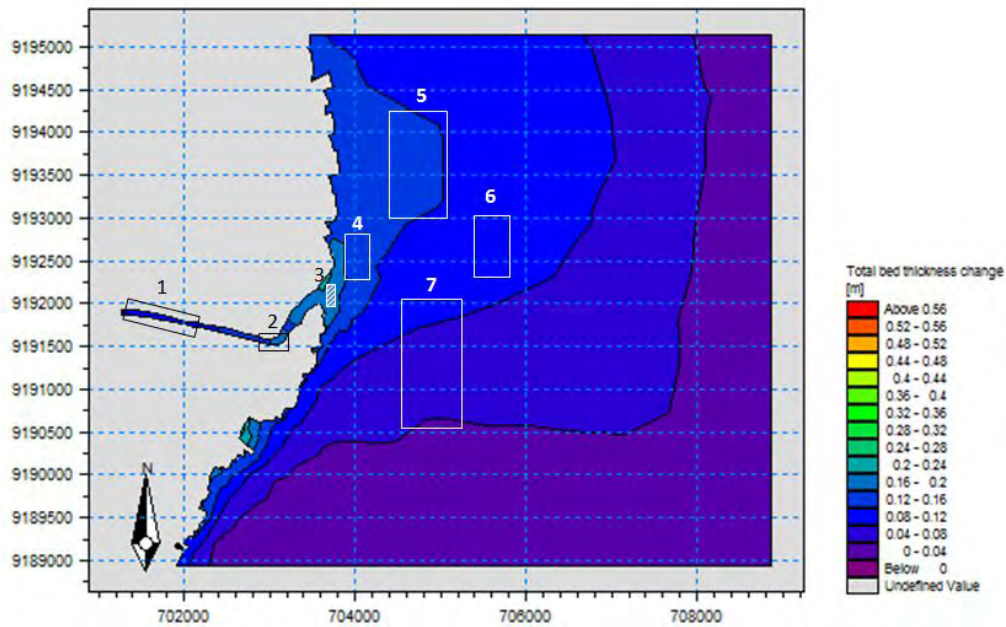


Gambar 4.40 Grafik perubahan kedalaman pada Garis d

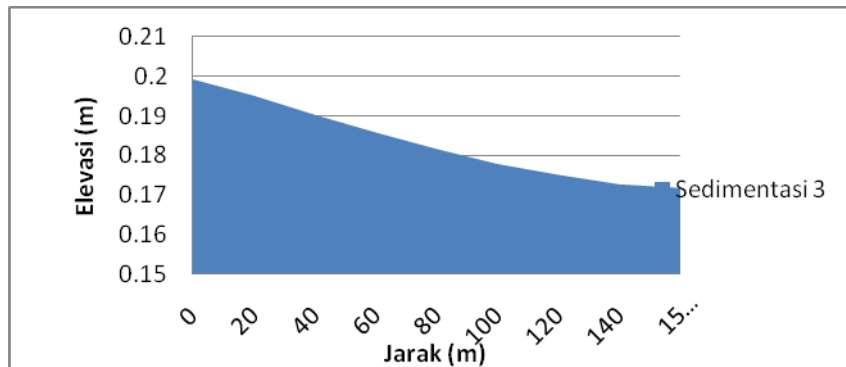
B. Daerah Muara

a. Luasan 3

Koordinat Luasan 3 yaitu A (703651.66;9192287), B (703803.26;9192307.79), C (703651.66;9191993.59) dan D (703803.26;9191993.59) menghasilkan perubahan profil dasar Perairan seperti di bawah ini.



Gambar 4.41 Posisi luasan 3



Gambar 4.42 Perubahan permukaan dasar sepanjang Luaasan 3, kondisi pada akhir sumulasi

Profil Perairan dasar Luasan 3 mengalami penambahan ketinggian dasar permukaan sebesar 0.17 meter hingga 0.199 meter. Untuk mengetahui seberapa besar volume sedimentasi yang terjadi, dengan menggunakan Surfer 12, digunakan data *bed level change* dari hasil pemodelan Mike 21 *mud transport* yang kemudian dimodelkan dengan metode integrasi volume *cut and fill* sehingga volume sedimen (net volume) dapat diketahui.

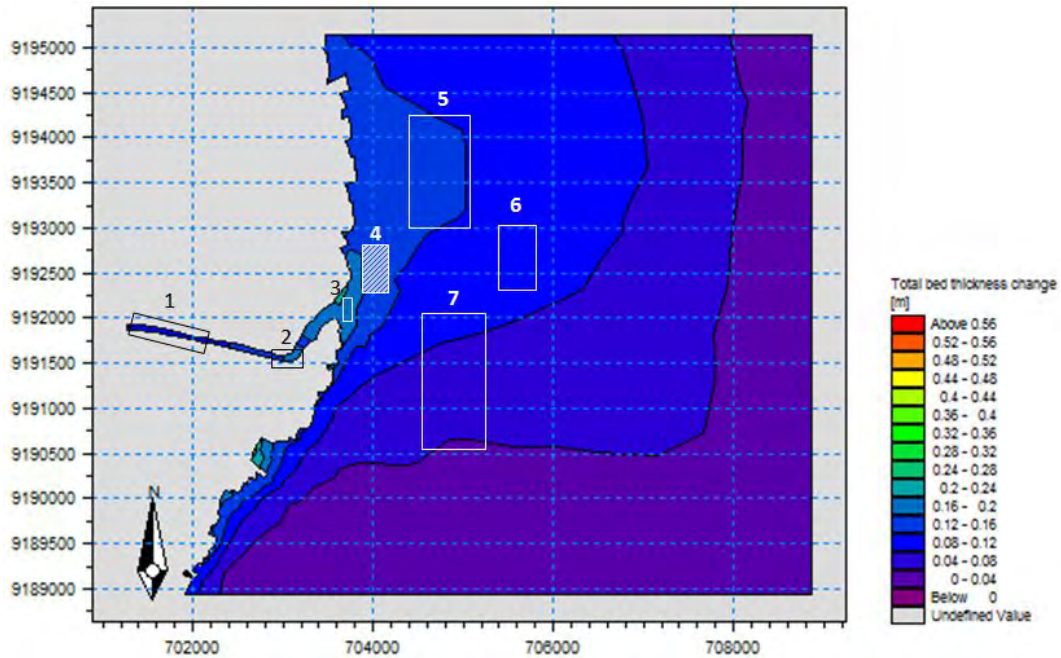
Tabel 4.15 Hasil perhitungan volume dari Grid Volume
Luasan 3

<i>Volume Report</i>	<i>m³</i>
<i>Total Voumes by:</i>	
<i>Trapezoidal Rule:</i>	8762.78832
<i>Simpson's Rule:</i>	8762.766798
<i>Simpson's 3/8 Rule:</i>	8762.767598
<i>Cut & Fill Volume:</i>	
<i>Positive Volume</i>	
<i>(Cut)</i>	8762.793186
<i>Negative Volumes</i>	
<i>(Fill)</i>	0
<i>Net Volumes (Cut-Fill)</i>	8762.793186
<i>Dominan</i>	Sedimentasi

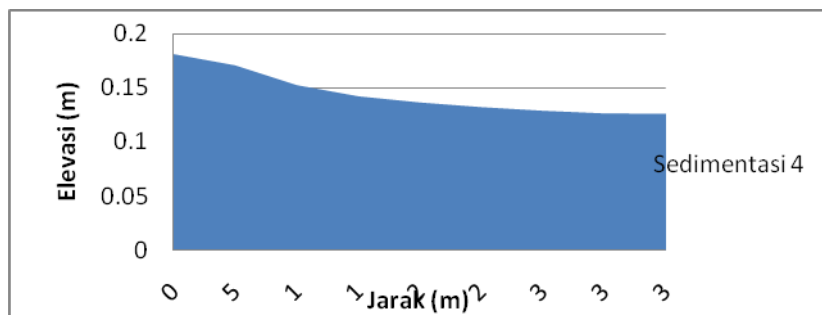
Dilihat dari tabel di atas, daerah ini cenderung mengalami sedimentasi yang ditandai dengan lebih besarnya nilai volume *cut* dari pada nilai volume *fill*. Didapatkan volume sebesar 8762.79 m³ pada Luasan 3.

b. Luasan 4

Koordinat Luasan 4 yaitu A (703804.26;9192726.99), B (704161.39;9192726.99), C (703804.26;9192107.38) dan D (704161.39;9192107.38) menghasilkan perubahan profil dasar Perairan seperti di bawah ini.



Gambar 4.43 Posisi luasan 4



Gambar 4.44 Perubahan permukaan dasar sepanjang Luasan 4, kondisi pada akhir simulasi

Profil Perairan dasar pada Luasan 4 mengalami penambahan ketinggian dasar permukaan sebesar 0.126 meter hingga 0.18 meter. Untuk mengetahui seberapa besar volume sedimentasi yang terjadi, dengan menggunakan Surfer 12, digunakan data *bed level change* dari hasil pemodelan Mike 21 *mud transport* yang kemudian dimodelkan dengan metode integrasi volume *cut and fill* sehingga volume sedimen (net volume) dapat diketahui.

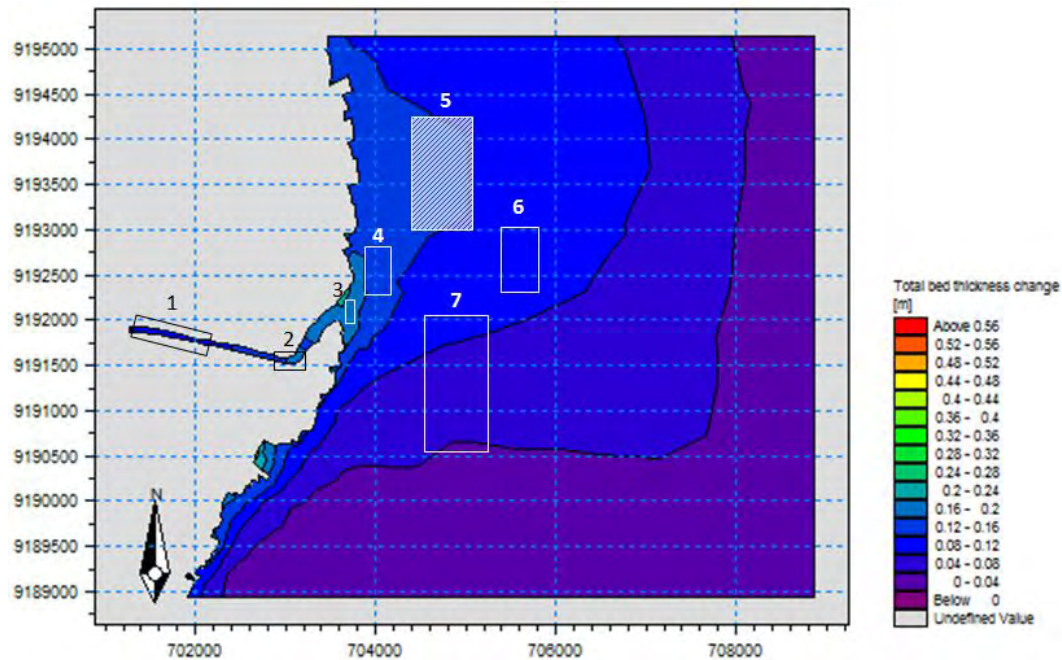
Tabel 4.16 Hasil perhitungan volume dari Grid Volume
Luasan 4

<i>Volume Report</i>	m^3
<i>Total Voumes by:</i>	
<i>Trapezoidal Rule:</i>	32450.80123
<i>Simpson's Rule:</i>	32450.65353
<i>Simpson's 3/8 Rule:</i>	32450.63745
<i>Cut & Fill Volume:</i>	
<i>Positive Volume (Cut)</i>	32450.83039
<i>Negative Volumes (Fill)</i>	0
<i>Net Volumes (Cut- Fill)</i>	32450.83039
<i>Dominan</i>	Sedimentasi

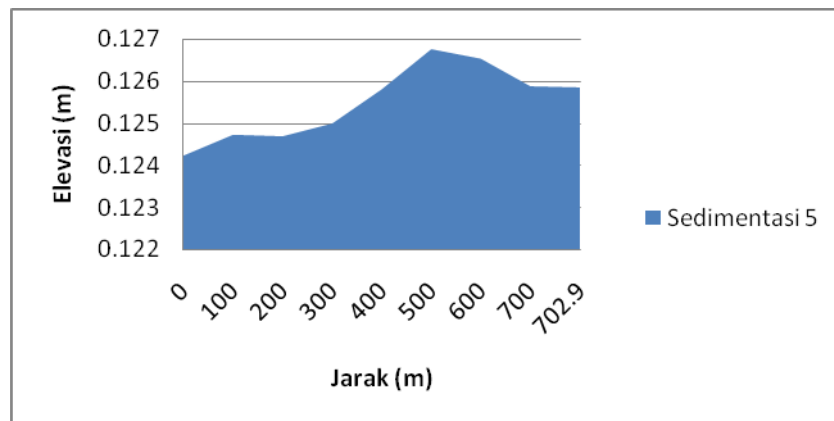
Dilihat dari tabel di atas, daerah ini cenderung mengalami sedimentasi yang ditandai dengan lebih besarnya nilai volume *cut* dari pada nilai volume *fill*. Didapatkan volume sebesar 32450.83 m^3 pada Luasan 4.

c. Luasan 5

Koordinat Luasan 5 yaitu A (704324.24;9194290.39), B (705027.07;9194290.39), C (704324.24;9192960.53) dan D (705027.07;9192960.53) menghasilkan perubahan profil dasar Perairan seperti di bawah ini.



Gambar 4.45 Posisi luasan 5



Gambar 4.46 Perubahan permukaan dasar sepanjang Luaasan 5, kondisi pada akhir simulasi

Profil Perairan dasar pada Luasan 5 mengalami penambahan ketinggian dasar permukaan sebesar 0.124 meter hingga 0.126 meter. Untuk mengetahui seberapa besar volume sedimentasi yang terjadi, dengan menggunakan Surfer 12, digunakan data *bed level change* dari hasil pemodelan Mike 21 *mud transport* yang kemudian dimodelkan dengan metode

integrasi volume *cut and fill* sehingga volume sedimen (net volume) dapat diketahui.

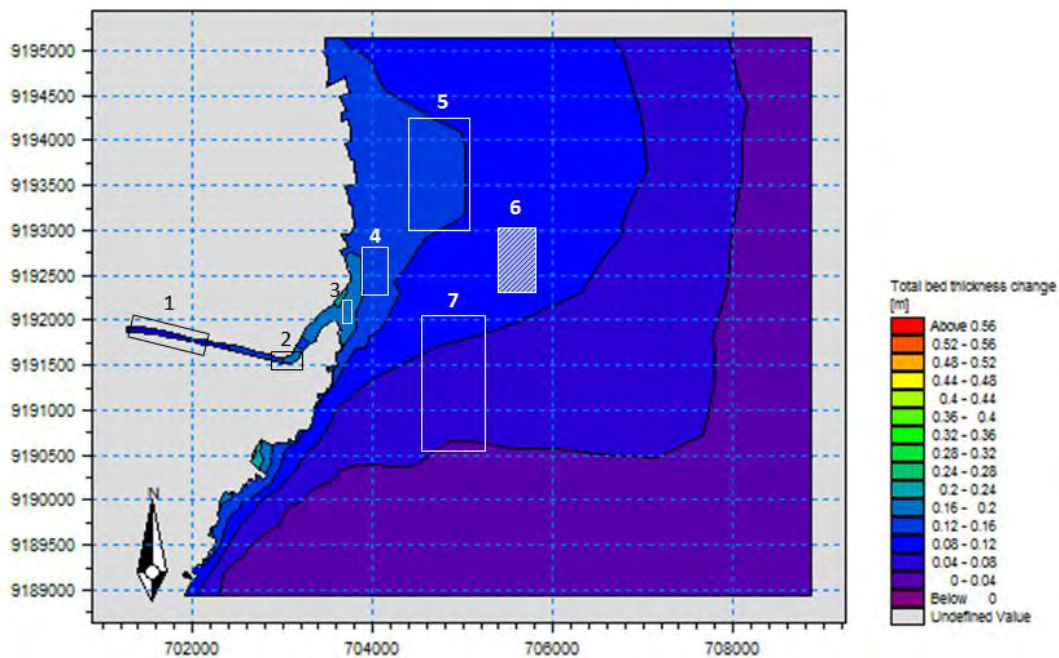
Tabel 4.17 Hasil perhitungan volume dari Grid Volume
Luasan 5

<i>Volume Report</i>	m^3
<i>Total Voumes by:</i>	
<i>Trapezoidal Rule:</i>	115903.1207
<i>Simpson's Rule:</i>	115903.1303
<i>Simpson's 3/8 Rule:</i>	115903.0969
<i>Cut & Fill Volume:</i>	
<i>Positive Volume (Cut)</i>	115903.1279
<i>Negative Volumes (Fill)</i>	0
<i>Net Volumes (Cut-Fill)</i>	115903.1279
<i>Dominan</i>	Sedimentasi

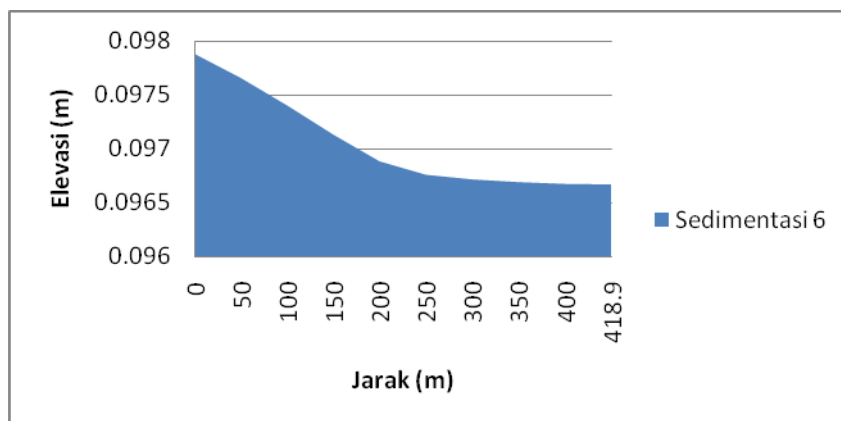
Dilihat dari tabel di atas, daerah ini cenderung mengalami sedimentasi yang ditandai dengan lebih besarnya nilai volume *cut* dari pada nilai volume *fill*. Didapatkan volume sebesar 115903.13 m^3 pada Luasan 5.

d. Luasan 6

Koordinat Luasan 6 yaitu A (705379.48;9193063.36), B (705798.68;9193063.36), C (705379.48;9192256.49) dan D (705798.68;9192256.49) menghasilkan perubahan profil dasar Perairan seperti di bawah ini.



Gambar 4.47 Posisi luasan 6



Gambar 4.48 Perubahan permukaan dasar sepanjang Luaasan 6, kondisi pada akhir sumulasi

Profil Perairan dasar pada Luasan 6 mengalami penambahan ketinggian dasar permukaan sebesar 0.0966 meter hingga 0.0978 meter. Untuk mengetahui seberapa besar volume sedimentasi yang terjadi, dengan menggunakan Surfer 12, digunakan data *bed level change* dari hasil pemodelan Mike 21 *mud transport* yang kemudian dimodelkan dengan metode

integrasi volume *cut and fill* sehingga volume sedimen (net volume) dapat diketahui.

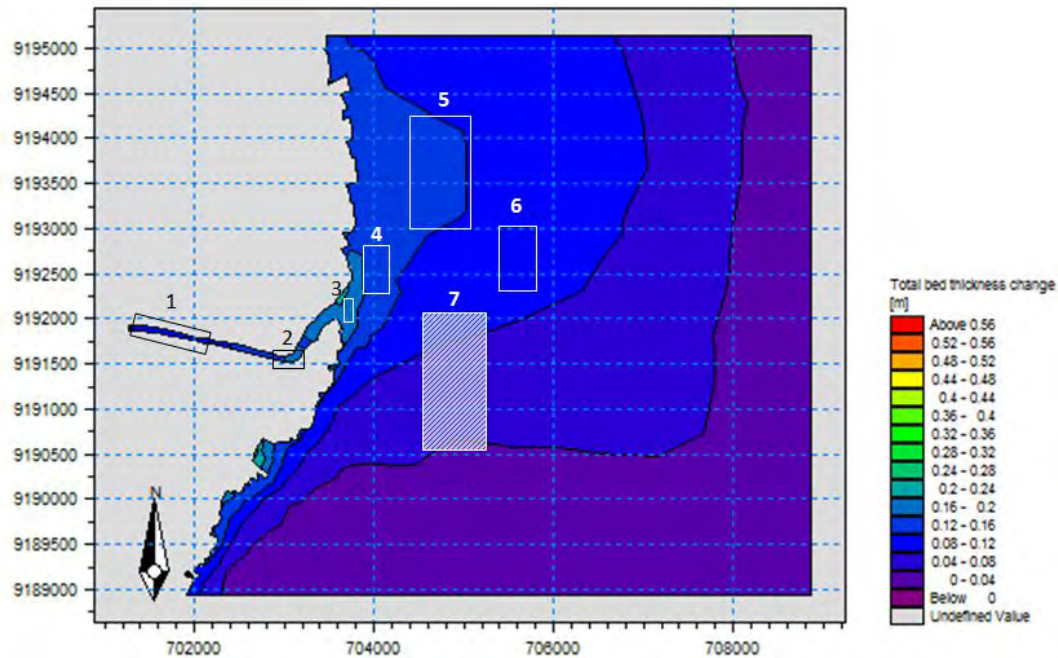
Tabel 4.18 Hasil perhitungan volume dari Grid Volume
Luasan 6

<i>Volume Report</i>	m^3
<i>Total Voumes by:</i>	
<i>Trapezoidal Rule:</i>	32931.38033
<i>Simpson's Rule:</i>	32931.32724
<i>Simpson's 3/8 Rule:</i>	32931.33232
<i>Cut & Fill Volume:</i>	
<i>Positive Volume (Cut)</i>	32931.41314
<i>Negative Volumes (Fill)</i>	0
<i>Net Volumes (Cut- Fill)</i>	32931.41314
<i>Dominan</i>	Sedimentasi

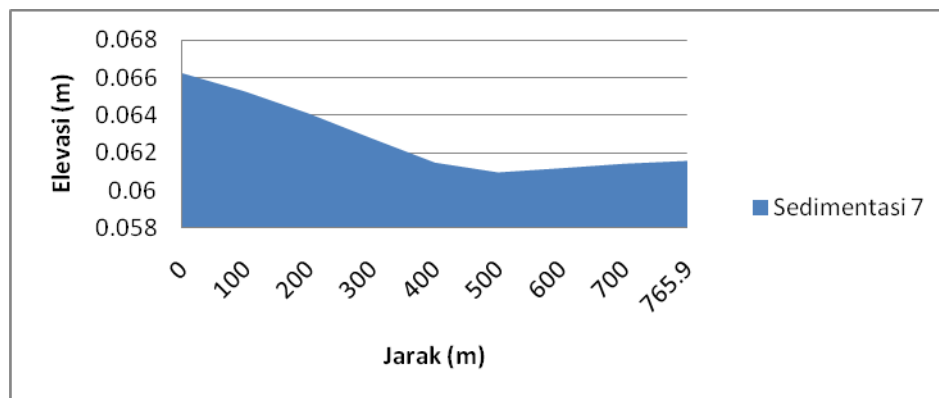
Dilihat dari tabel di atas, daerah ini cenderung mengalami sedimentasi yang ditandai dengan lebih besarnya nilai volume *cut* dari pada nilai volume *fill*. Didapatkan volume sebesar $32931.41 m^3$ pada Luasan 6.

e. Luasan 7

Koordinat Luasan 7 yaitu A (704457.22;9192089.80), B (705228.56;9192089.80), C (704457.22;9190563.90) dan D (705228.56;9190563.90) menghasilkan perubahan profil dasar Perairan seperti di bawah ini.



Gambar 4.49 Posisi luasan 7



Gambar 4.50 Perubahan permukaan dasar sepanjang Luasan 7, kondisi pada akhir simulasi

Profil Perairan dasar pada Luasan 7 mengalami penambahan ketinggian dasar permukaan sebesar 0.060 meter hingga 0.066 meter. Untuk mengetahui seberapa besar volume sedimentasi yang terjadi, dengan menggunakan Surfer 12, digunakan data *bed level change* dari hasil pemodelan Mike 21 *mud transport* yang kemudian dimodelkan dengan metode

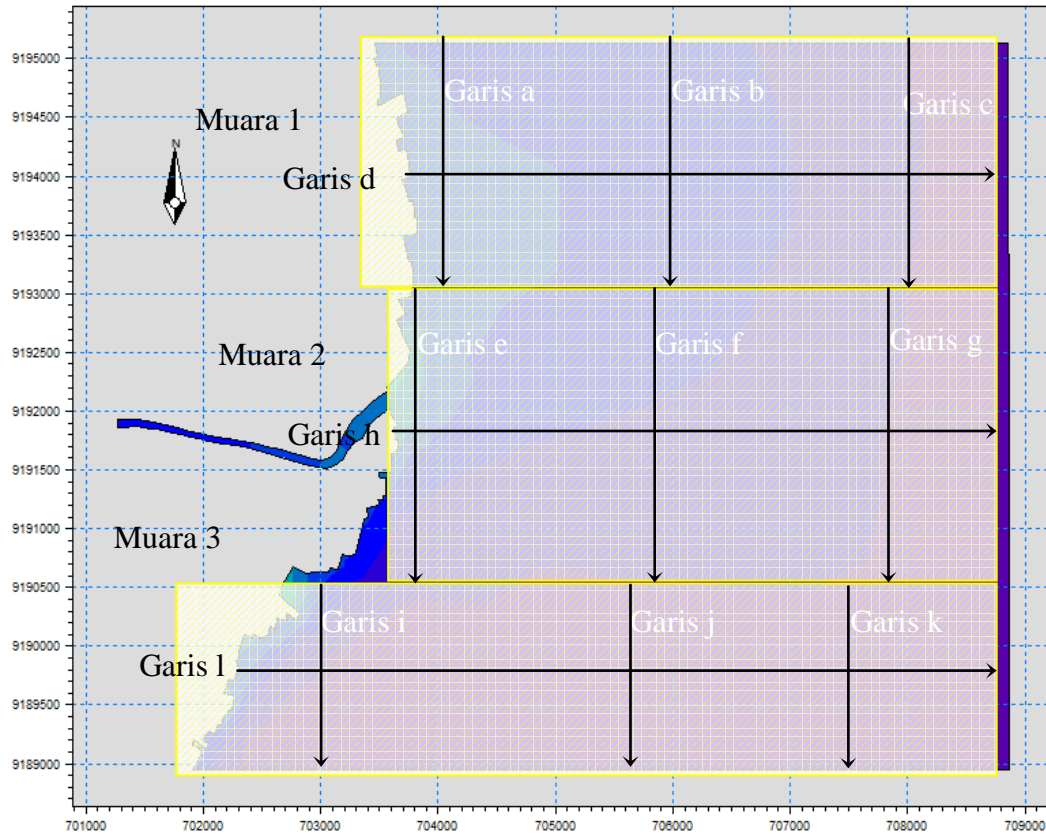
integrasi volume *cut and fill* sehingga volume sedimen (net volume) dapat diketahui.

Tabel 4.19 Hasil perhitungan volume dari Grid Volume
Luasan 7

<i>Volume Report</i>	m^3
<i>Total Voumes by:</i>	
<i>Trapezoidal Rule:</i>	76483.58501
<i>Simpson's Rule:</i>	76483.09367
<i>Simpson's 3/8 Rule:</i>	76483.17175
<i>Cut & Fill Volume:</i>	
<i>Positive Volume (Cut)</i>	76483.98199
<i>Negative Volumes (Fill)</i>	0
<i>Net Volumes (Cut-Fill)</i>	76483.98199
<i>Dominan</i>	Sedimentasi

Dilihat dari tabel di atas, daerah ini cenderung mengalami sedimentasi yang ditandai dengan lebih besarnya nilai volume *cut* dari pada nilai volume *fill*. Didapatkan volume sebesar 76483.98 m^3 pada Luasan 7.

Perubahan morfologi dasar pada perairan muara secara menyeluruh dapat kita amati dengan cara memodelkan kedalaman perairan dan mengakumulasikannya dengan penambahan *bed level change*. Untuk mengetahuinya saya membagi lokasi perairan muara menjadi tiga wilayah. Dan masing-masing wilayah saya berikan garis bantu untuk mengetahui perubahan kedalamannya. Untuk lebih jelasnya lihat Gambar 4.51 hingga gambar 4.63 berikut.



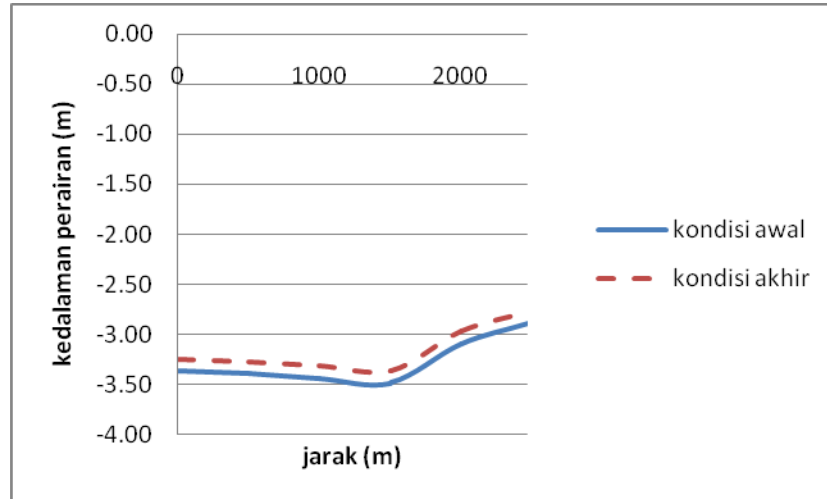
Gambar 4.51 Analisa morfologi perairan muara

a. Muara 1

Pada Muara 1 saya akan meninjau perubahan morfologi pada garis a, b, c dan d sebagai berikut:

- Garis a

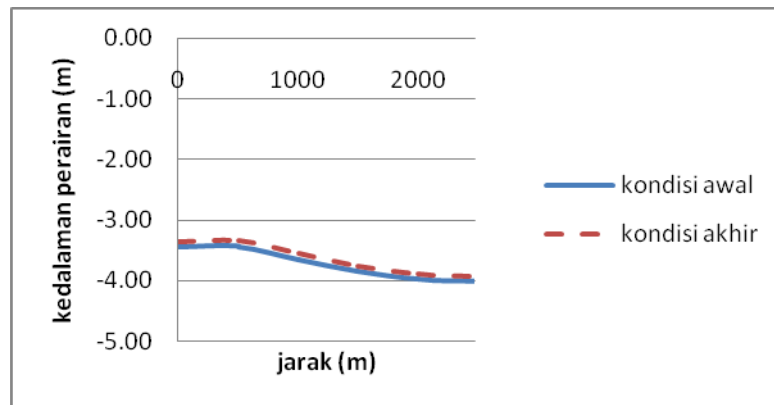
Perubahan morfologi dasar perairan pada garis a sebagai berikut:



Gambar 4.52 Grafik perubahan kedalaman pada Garis a

- Garis b

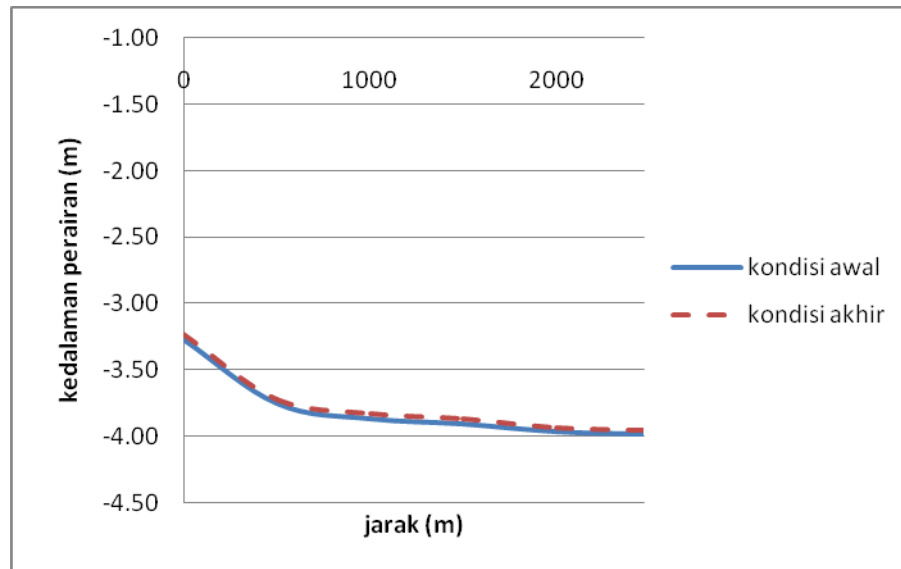
Perubahan morfologi dasar perairan pada garis b sebagai berikut:



Gambar 4.53 Grafik perubahan kedalaman pada Garis b

- Garis c

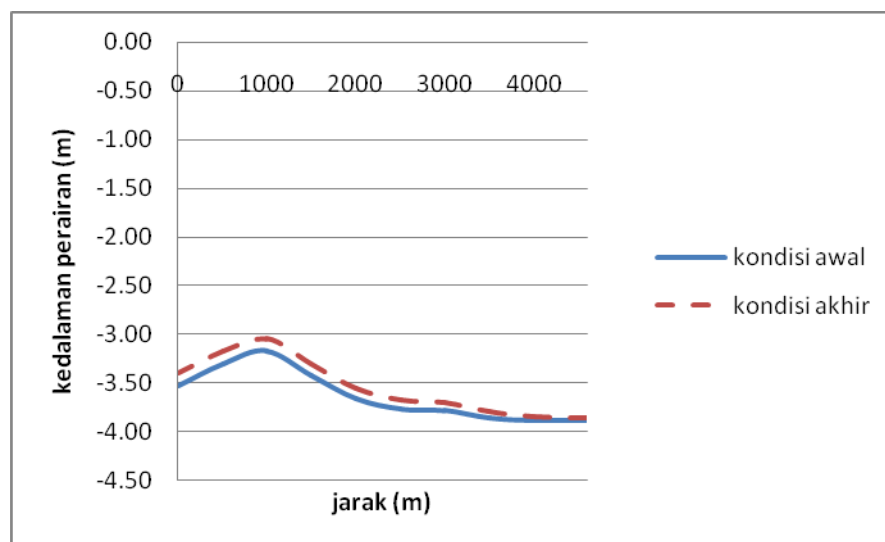
Perubahan morfologi dasar perairan pada garis c sebagai berikut:



Gambar 4.54 Grafik perubahan kedalaman pada Garis c

- Garis d

Perubahan morfologi dasar perairan pada garis d sebagai berikut:



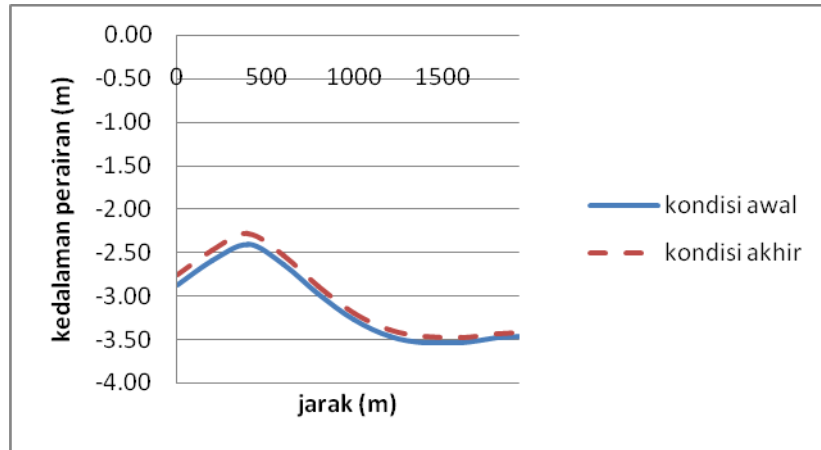
Gambar 4.55 Grafik perubahan kedalaman pada Garis d

b. Muara 2

Pada Muara 2 saya akan meninjau perubahan morfologi pada garis e, f, g dan h sebagai berikut:

- Garis e

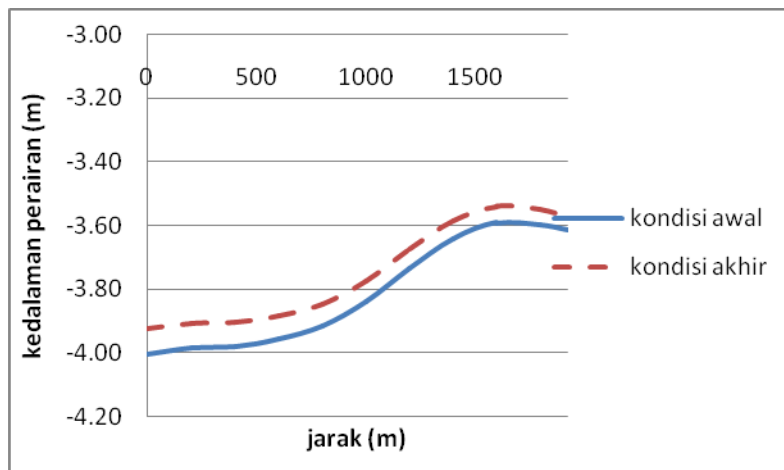
Perubahan morfologi dasar perairan pada garis e sebagai berikut:



Gambar 4.56 Grafik perubahan kedalaman pada Garis e

- Garis f

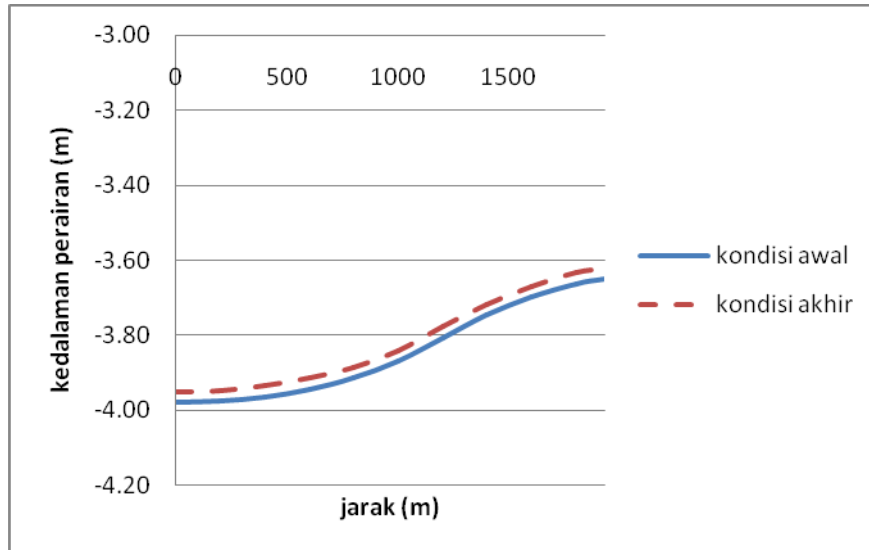
Perubahan morfologi dasar perairan pada garis f sebagai berikut:



Gambar 4.57 Grafik perubahan kedalaman pada Garis f

- Garis g

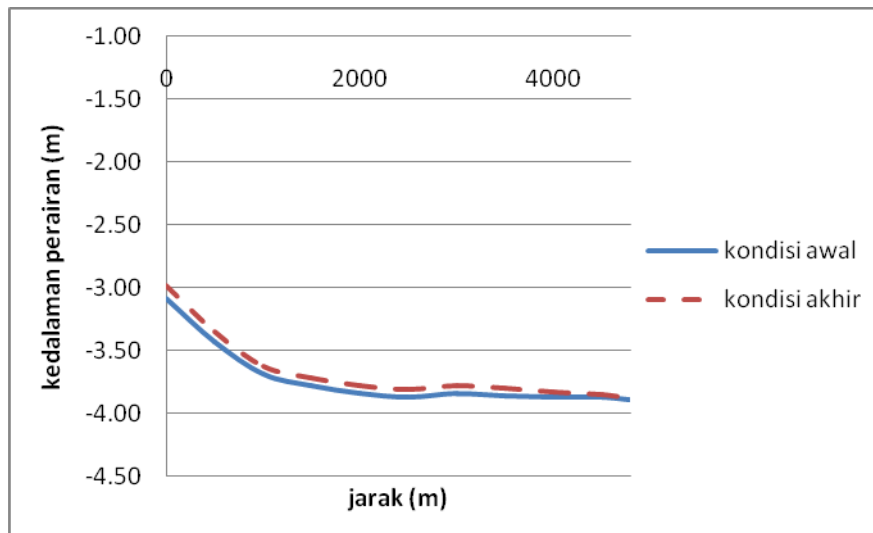
Perubahan morfologi dasar perairan pada garis g sebagai berikut:



Gambar 4.58 Grafik perubahan kedalaman pada Garis g

- Garis h

Perubahan morfologi dasar perairan pada garis h sebagai berikut:



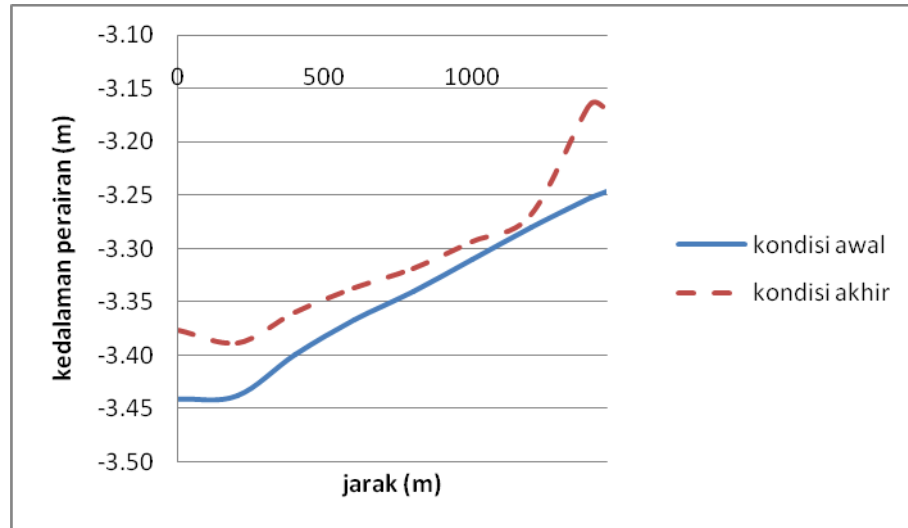
Gambar 4.59 Grafik perubahan kedalaman pada Garis h

c. Muara 3

Pada Muara 3 saya akan meninjau perubahan morfologi pada garis i, j, k dan l sebagai berikut:

- Garis i

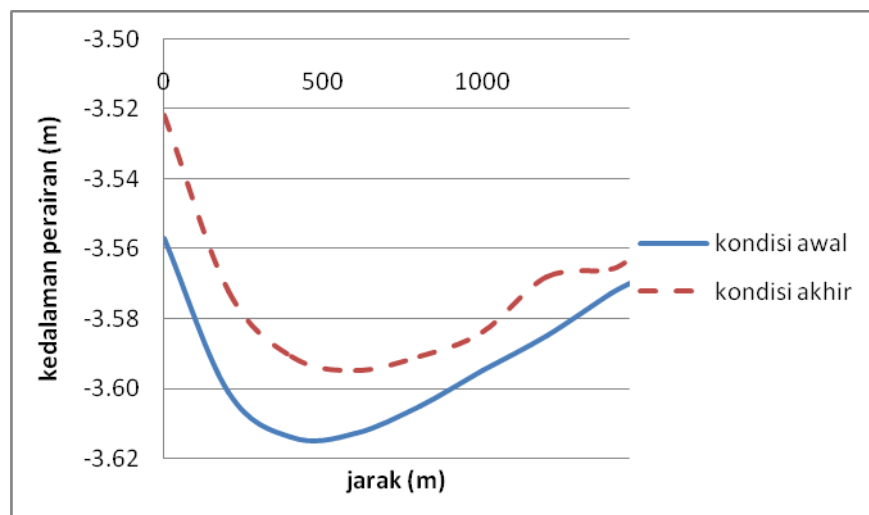
Perubahan morfologi dasar perairan pada garis i sebagai berikut:



Gambar 4.60 Grafik perubahan kedalaman pada Garis i

- Garis j

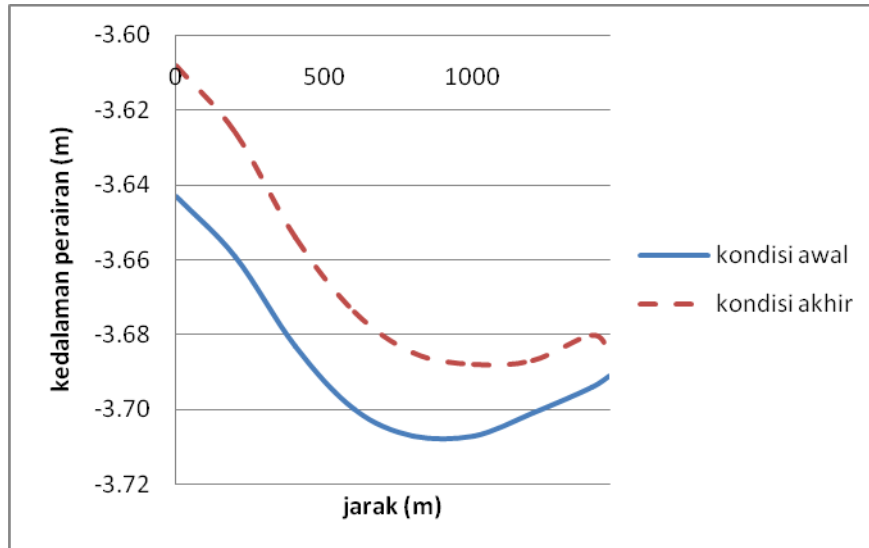
Perubahan morfologi dasar perairan pada garis j sebagai berikut:



Gambar 4.61 Grafik perubahan kedalaman pada Garis j

- Garis k

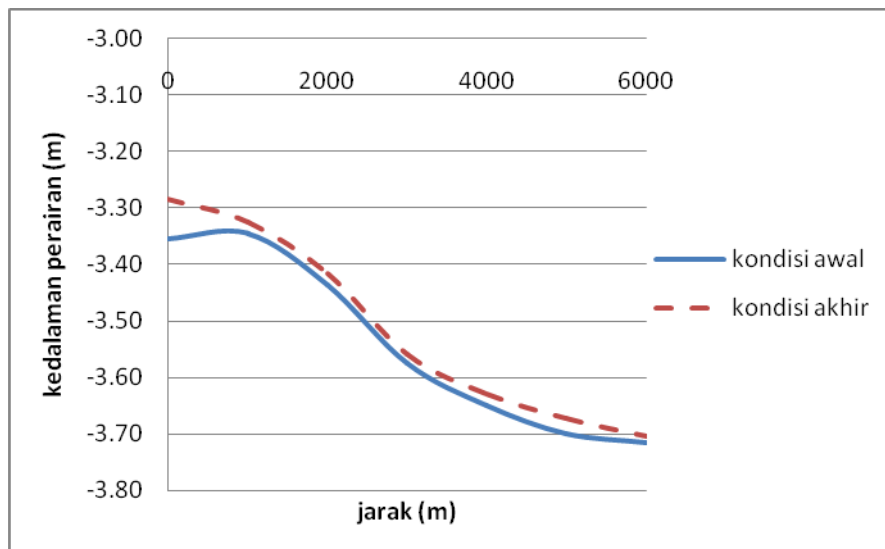
Perubahan morfologi dasar perairan pada garis k sebagai berikut:



Gambar 4.62 Grafik perubahan kedalaman pada Garis k

- Garis l

Perubahan morfologi dasar perairan pada garis l sebagai berikut:



Gambar 4.63 Grafik perubahan kedalaman pada Garis l

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pemodelan dan pengamatan pada Muara Sungai Wonokromo, Wonorejo, Surabaya dapat ditarik kesimpulan:

1. Pola arus dipengaruhi oleh aliran pasang surut air laut. Oleh karena itu perlu dilakukan validasi terhadap hasil pemodelan untuk mengetahui seberapa besar penyimpangan data hasil pengukuran dan pemodelan. Dalam pengerjaan ini didapatkan prosentase *error* data pasang surut sebesar 0.18% dan prosentase *error* kecepatan arus sebesar 14.76% dengan arah dominan arus menuju ke barat laut. Aliran arus yang didapatkan dari hasil simulasi di muara Sungai adalah sekitar 0.029 - 0.095 m/s.
2. Saat kondisi akan pasang menuju pasang tertinggi terlihat arus bergerak memasuki muara menuju hulu Sungai, sedimen cenderung tertahan oleh arus di bagian hulu dan akhirnya mengendap di daerah muara. Sedangkan pada saat kondisi akan surut dan surut tertinggi, terlihat aliran arus bergerak menuju lautan dan angkutan sedimen juga bergerak mengikuti aliran arus menuju ke laut. Sehingga angkutan sedimen dapat bergerak secara maksimal sampai menuju keluar muara dan akhirnya mengendap di daerah tersebut. Pada simulasi sebaran sedimen didapatkan nilai konsentrasi sedimen rata-rata saat pasang adalah 7.1 gr/m³ dan saat surut adalah 8.7 gr/m³.
3. Setelah dilakukan pemodelan selama 23 Agustus 2015 sampai dengan 21 September 2015 didapatkan nilai perubahan profil dasar Perairan di daerah Sungai menuju ke arah muara berkisar 0.11 meter hingga 0.167 meter dan profil dasar Perairan di daerah muar menuju ke laut mengalami perubahan berkisar 0.066 meter hingga 0.199 meter. Dari beberapa lokasi yang ditinjau perubahan profil dasar Perairan di depan mulut muara dan badan Sungai mengalami sedimentasi dengan nilai volume sedimen di Luasan 1 sebesar 17381.08 m³, Luasan 2 sebesar 6337.23 m³, Luasan 3 sebesar

8762.79 m³, Luasan 4 sebesar 32450.83 m³, Luasan 5 sebesar 115903.13 m³, Luasan 6 sebesar 32931.41 m³ dan Luasan 7 sebesar 76483.98 m³.

5.2 Saran

Saran untuk Pengerjaan Tugas Akhir kedepannya:

1. Validasi kecepatan arus akan lebih baik lagi bila dilakukan minimal dalam kurun waktu 15 hari.
2. Simulasi numerik dilakukan hanya 30 hari sedangkan untuk memprediksi akumulasi sedimen diperlukan waktu pengamatan dalam hitungan tahun.
3. Perlu dilakukan validasi untuk pola sebaran sedimen agar mendapatkan hasil yang lebih akurat.
4. Perhitungan perubahan dasar Perairan dan volume akan lebih baik lagi bila divalidasi agar penghitungan dapat akurat dan teliti.

DAFTAR PUSTAKA

- CERC, (1984), **Shore Protection Manual**, US Army Coastal Engineering Research Center, Washington.
- DISHIDROS 2015, **Daftar Pasang Surut Tide Tabel, 20015**, TNI AL Dishidros, Jakarta
- Ditjen Pembangunan Daerah, Depdagri, 1998, **Pedoman Perencanaan dan Pengelolaan Pesisir Terpadu**.
- Drake, C.L.1978. **Oceanography**. New York : Halt Rinehart and Winston
- Jumarang, M. I., Muliadi., N. S. Ningsih, S. Hadi. 2012. “Perubahan Dasar Perairan Estuari Sungai Kapuas Kalimantan Barat (Studi Kasus: Bulan Januari s.d. April)”. **Jurnal Ilmu Fisika Indonesi. Vol. 1 No. 1(D)**
- Kamaruzzan, B. Y., N. A. M. Shazili, dan M. L. Husain. 2002. “Particle Size Distribution in the Bottom Sediments of the Kemaman River Estuarine System, Terengganu, Malaysia”. **Pertanika Journal of Tropical Agriculture Science Vol. 25 No. 2**
- Krumbrein, W. C and L. L. Sloss. 1963. **Statigraphy and Sedimentation**. San Frnsisco : W.H. Freeman and Company
- Liyani. 2013. **Analisa Perubahan Morfologi Muara Sungai Porong Akibat Sedimentasi Lumpur Sidoarjo, Jawa Timur**. Tesis. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Mike 21, Documentation Index. 2007. **Mike 21 Flow Model Fm, Hydrodynamics Module**
- Mike 21, Documentation Index. 2007. **Mike 21 Mud Transport *step by step* modul**
- Spaulding, Malcom L. 1989. **Estuarine and Modeling**. American Society of Civil Engineers. New York

Suntoyo, 2014. **Mekanika dan Teknologi Trasportasi Sedimen**. Surabaya

Triatmodjo, Bambang. 1999. **Teknik Pantai**. Beta Offset. Yogyakarta

Wahyuni, N. 2014. **Analisa Laju Volume Sedimentasi Di Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS)**. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Kelautan ITS, Surabaya

LAMPIRAN A
CONTOH OUTPUT VOLUME
SURFER

Grid Volume Computations

Sun Jan 03 13:12:58 2016

Upper Surface

Grid File Name: D:\Kuliah\Kuliah\Semester
final\TA\P3\Surfer\Wonorejo\Luasan A.grd

Grid Size: 22 rows x 100 columns

X Minimum: 701321.439349
X Maximum: 702143.2593991
X Spacing: 8.3012126272725

Y Minimum: 9191728.294561
Y Maximum: 9191930.8145
Y Spacing: 9.6438066190375

Z Minimum: 0.09213519838605
Z Maximum: 0.11248384237289

Lower Surface

Level Surface defined by $Z = 0$

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: 17381.076227553
Simpson's Rule: 17381.056613366
Simpson's 3/8 Rule: 17381.058927317

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 17381.081645722
Negative Volume [Fill]: 0
Net Volume [Cut-Fill]: 17381.081645722

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 166434.94641505
Negative Planar Area [Fill]: 0
Blanked Planar Area: 0

Total Planar Area: 166434.94641505

Surface Areas

Positive Surface Area [Cut]: 166434.94649693

Negative Surface Area [Fill]: 0

Grid Volume Computations

Sun Jan 03 13:14:03 2016

Upper Surface

Grid File Name: D:\Kuliah\Kuliah\Semester
final\TA\P3\Surfer\Wonorejo\Luasan B.grd
Grid Size: 25 rows x 100 columns

X Minimum: 702776.7916
X Maximum: 703186.6042
X Spacing: 4.1395212121207

Y Minimum: 9191540
Y Maximum: 9191639.667
Y Spacing: 4.1527916666431

Z Minimum: 0.13502795629715
Z Maximum: 0.16875455361505

Lower Surface

Level Surface defined by $Z = 0$

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: 6337.2285812226
Simpson's Rule: 6337.2593417541
Simpson's 3/8 Rule: 6337.2570344334

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 6337.23395618
Negative Volume [Fill]: 0
Net Volume [Cut-Fill]: 6337.23395618

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 40844.792403963

Negative Planar Area [Fill]: 0
Blanked Planar Area: 0
Total Planar Area: 40844.792403963

Surface Areas

Positive Surface Area [Cut]: 40844.792627694
Negative Surface Area [Fill]: 0

Grid Volume Computations

Sun Jan 03 13:15:17 2016

Upper Surface

Grid File Name: D:\Kuliah\Kuliah\Semester
final\TA\P3\Surfer\Wonorejo\Luasan F.grd

Grid Size: 100 rows x 25 columns

X Minimum: 705379.475354
X Maximum: 705798.681019
X Spacing: 17.466902708334

Y Minimum: 9192256.486946
Y Maximum: 9193063.361823
Y Spacing: 8.1502512828306

Z Minimum: 0.091509939701967
Z Maximum: 0.10462552383103

Lower Surface

Level Surface defined by $Z = 0$

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: 32931.380332077
Simpson's Rule: 32931.32723718
Simpson's 3/8 Rule: 32931.332320457

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 32931.413138407
Negative Volume [Fill]: 0
Net Volume [Cut-Fill]: 32931.413138407

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 338246.51938469

Negative Planar Area [Fill]: 0
Blanked Planar Area: 0
Total Planar Area: 338246.51938469

Surface Areas

Positive Surface Area [Cut]: 338246.51942875
Negative Surface Area [Fill]: 0

Surut	Pasang	Rata-rata	
		Surut	Pasang
0.008571	0.009367	0.007768	0.007049
0.009606	0.00999		
0.009116	0.008334		
0.009995	0.00072		
0.009705	0.009871		
0.009199	0.009871		
0.009994	0.001804		
0.007819	0.008014		
0.007226	0.005604		
0.006747	0.005343		
0.006221	0.004146		
0.00716	0.00657		
0.006159	0.006121		
0.009709	0.003501		
0.006632	0.00469		
0.008111	0.008836		
0.00664	0.004662		
0.005212	0.002584		
0.006881	0.005288		
0.006405	0.005839		
0.003254	0.00072		
0.007146	0.006156		
0.009017	0.009773		
0.007917	0.008879		
0.008043	0.008888		
0.008173	0.008476		
0.009254	0.004678		
0.005224	0.005321		
0.00915	0.009705		
0.009989	0.003984		
0.008309	0.007492		

pasang tertinggi

titik	kosentrasi sedimen
1	0.0008
2	0.0010
3	0.0099
4	0.0099
5	0.0098
6	0.0070
7	0.0087
8	0.0090
9	0.0085
10	0.0065

surut terendah

titik	kosentrasi sedimen
1	0.0099
2	0.0099
3	0.0098
4	0.0093
5	0.0090
6	0.9200
7	0.0089
8	0.0087
9	0.0069
10	0.0054

1	
jarak	Elevasi
0	0
100	0.097136
200	0.101461
300	0.104414
400	0.105472
500	0.106152
600	0.107587
700	0.109385
800	0.111337
882.1	0.111531

2	
jarak	Elevasi
0	0
50	0.137519
100	0.144818
150	0.152429
200	0.158963
250	0.163382
300	0.16683
350	0.167676
400	0.166075
409.9	0.16587

3	
jarak	Elevasi
0	0.199301
20	0.195185
40	0.19035
60	0.185882
80	0.18171
100	0.177925
120	0.175197
140	0.172795
151.8	0.171877

4	
jarak	Elevasi
0	0.181188
50	0.170869
100	0.152656
150	0.142332
200	0.136678
250	0.132373
300	0.129025
350	0.126591
356.7	0.126248

5	
jarak	Elevasi
0	0.124235
100	0.124732
200	0.124697
300	0.125001
400	0.125817
500	0.126775
600	0.126549
700	0.125891
702.9	0.125864

6	
jarak	Elevasi
0	0.097882
50	0.097658
100	0.097403
150	0.097131
200	0.096882
250	0.096758
300	0.096715
350	0.09669
400	0.096673
418.9	0.096668

7	
jarak	Elevasi
0	0.066243
100	0.065266
200	0.064103
300	0.062779
400	0.061493
500	0.060974
600	0.061196
700	0.061433
765.9	0.061589

LAMPIRAN B
CONTOH HASIL UJI GRAIN
SIZE

Lokasi : Wonorejo

Sample no	Percentage (%)			
	Gravel	Sand	Silt	Clay
1	0	2.7	87.98	9.32
2	0.28	2.52	87.89	9.31
3	0	3.51	86.29	10.2
4	0.02	2.52	87.16	10.3
5	4.93	85.11	9.8	0.16
6	6.9	33.02	54.33	5.75
7	0.48	22.68	70.25	6.59
8	2.75	73.44	23.43	0.38
9	2.94	60.09	36.38	0.59
10	2.94	60.09	33.06	3.91



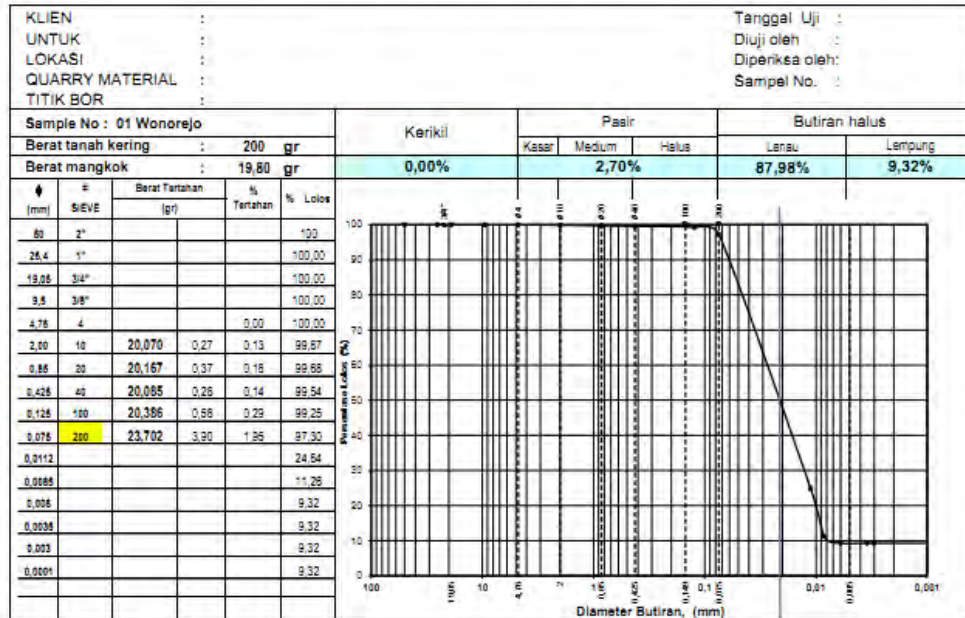


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH DAN BATUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
Kampus ITS, Keputih, Sukolilo Surabaya (60111)
Telp.: 031-5928601, 5994251 - 55 psw. 1140 Fax. 031-5928601

ANALISA PEMBAGIAN BUTIR

ASTM D 422-90; AASHTO T87-72; SNI 03-3423-1990

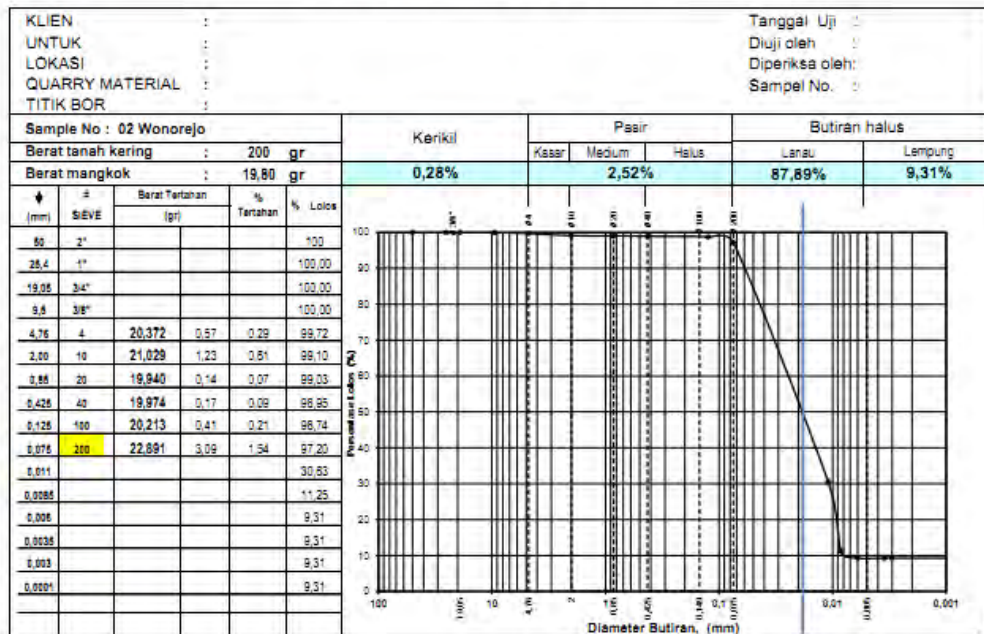


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH DAN BATUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
Kampus ITS, Keputih, Sukolilo Surabaya (60111)
Telp.: 031-5928601, 5994251 - 55 psw. 1140 Fax. 031-5928601

ANALISA PEMBAGIAN BUTIR

ASTM D 422-90; AASHTO T87-72; SNI 03-3423-1990



Specific Gravity

sampel 01

1	Piknometer no.		25
2	Mass of Piknometer	M1 gram	100.01
3	mass of dry soil + piknometer	M2 gram	120.64
4	mass of dry soil + water + piknometer	M3 gram	361.60
5	Mass of water + piknometer	M4 gram	348.23
6	Temperature toC		29.00
7	$A = M2 - M1$		20.63
8	$B = M3 - M4$		13.37
9	$C = A - B$		7.26
10	Pecific Gravity, $G1 = A/C$		2.84
11	Gwater at toC		0.9974
12	$G \text{ for } 29^{\circ}\text{C} = G = (G_{\text{water at toC}})/(G_{\text{water at } 29^{\circ}\text{C}})$		2.85

Specific Gravity

sampel 02

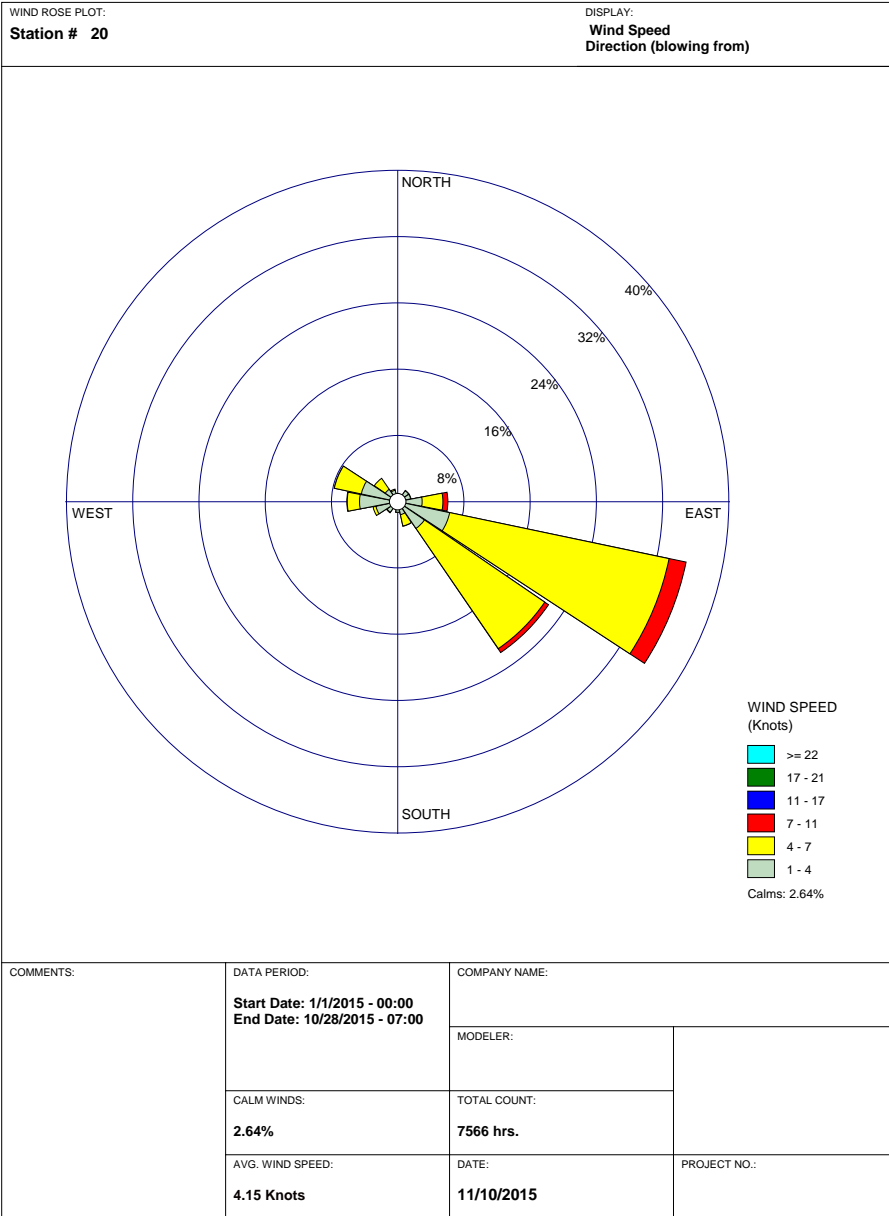
1	Piknometer no.		18
2	Mass of Piknometer	M1 gram	88.45
3	mass of dry soil + piknometer	M2 gram	108.60
4	mass of dry soil + water + piknometer	M3 gram	349.55
5	Mass of water + piknometer	M4 gram	336.84
6	Temperature toC		29.00
7	$A = M2 - M1$		20.15
8	$B = M3 - M4$		12.71
9	$C = A - B$		7.44
10	Pecific Gravity, $G1 = A/C$		2.71
11	Gwater at toC		0.9974
12	$G \text{ for } 29^{\circ}\text{C} = G = (G_{\text{water at toC}})/(G_{\text{water at } 29^{\circ}\text{C}})$		2.72

LAMPIRAN C
CONTOH DATA ANGIN DAN
GRAFIK

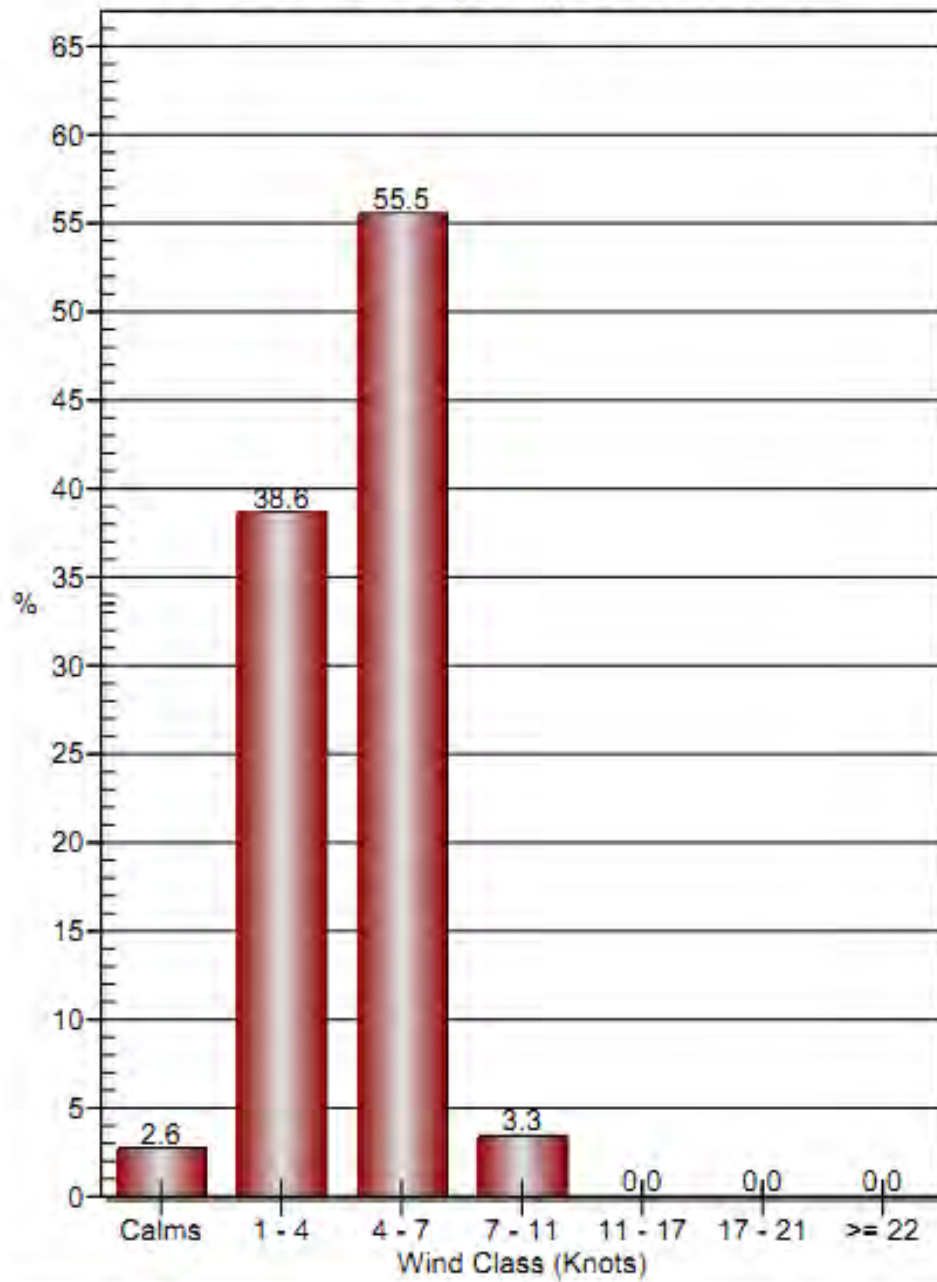
Contoh data angin

1	1	2015	0	274.65	1.94
1	1	2015	1	265.15	2.05
1	1	2015	2	256.83	2.21
1	1	2015	3	249.77	2.41
1	1	2015	4	243.87	2.64
1	1	2015	5	238.96	2.9
1	1	2015	6	234.87	3.17
1	1	2015	7	231.44	3.46
1	1	2015	8	237.22	3.38
1	1	2015	9	243.19	3.35
1	1	2015	10	249.22	3.35
1	1	2015	11	255.19	3.38
1	1	2015	12	260.97	3.45
1	1	2015	13	266.46	3.56
1	1	2015	14	271.59	3.7
1	1	2015	15	276.32	3.86
1	1	2015	16	280.64	4.05
1	1	2015	17	284.56	4.26
1	1	2015	18	288.09	4.48
1	1	2015	19	291.27	4.73
1	1	2015	20	287.52	4.75
1	1	2015	21	283.82	4.79
1	1	2015	22	280.19	4.85
1	1	2015	23	276.68	4.93
1	2	2015	0	273.28	5.03
1	2	2015	1	270.03	5.15
1	2	2015	2	266.94	5.28
1	2	2015	3	264	5.43
1	2	2015	4	261.22	5.59
1	2	2015	5	258.6	5.76
1	2	2015	6	256.14	5.94
1	2	2015	7	253.83	6.14
1	2	2015	8	255.73	6.05
1	2	2015	9	257.69	5.96
1	2	2015	10	259.7	5.88
1	2	2015	11	261.76	5.81
1	2	2015	12	263.87	5.75
1	2	2015	13	266.02	5.7
1	2	2015	14	268.21	5.65
1	2	2015	15	270.43	5.61
1	2	2015	16	272.68	5.58

1	2	2015	17	274.95	5.56
1	2	2015	18	277.23	5.55
1	2	2015	19	279.52	5.55
1	2	2015	20	278.65	5.48
1	2	2015	21	277.76	5.41
1	2	2015	22	276.84	5.34
1	2	2015	23	275.9	5.28
1	3	2015	0	274.94	5.21
1	3	2015	1	273.96	5.15



Wind Class Frequency Distribution



BIODATA PENULIS



Darma Aditya Pratama Putra, dilahirkan di Pasuruan, 08 Desember 1992, merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Pendidikan pertamanya diselesaikan dengan baik di SDN Kolursari, kemudian melanjutkan di SMP Negeri 1 Bangil. Setelah menyelesaikan pendidikan kedua, penulis melanjutkan studinya di SMA Negeri 1 Bangil dan lulus pada tahun 2011. Pada pertengahan tahun 2011 penulis melanjutkan studinya di Jurusan Teknik Kelautan 2011. Berbagai pelatihan dan seminar pernah diikuti dalam rangka untuk pengembangan dirinya.

Di penghujung kuliah, dengan bimbingan Suntoyo, S.T., M. Eng., Ph.D dan Sujantoko, S.T., M.T., mengambil Tugas Akhir tentang “**Pemodelan Perubahan Morfologi Perairan Estuari Sungai Wonokromo, Surabaya**” dan berhasil diselesaikan dalam 1 semester.